

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra textilních a jednoúčelových strojů

Studijní program N 2301- Strojní inženýrství

Konstrukce strojů a zařízení

**Konstrukční návrh automatizovaného funkčního
modelu pro lepení kruhových filtrů z textilního pásu**

**The constructional design of the automated
functional model for bonding circular textile filters**

Bc. Jan Sláma

KTS – M259

Vedoucí diplomové práce: Ing. Martin Konečný, Ph.D.

Konzultant diplomové práce: Ing. Jaroslav Kopal, CSc.

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: 60

Počet tabulek: 0

Počet obrázků: 76

Počet grafů: 0

Počet příloh: 2

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení **Bc. Jan SLÁMA**
Studijní program **N 2301 Strojní inženýrství**
Obor **2302 T010 Konstrukce strojů a zařízení**
Zaměření **Textilní stroje**

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje diplomová práce na téma:

**Konstrukční návrh automatizovaného funkčního modelu pro lepení kruhových filtrů
z textilního pásu.**

Zásady pro vypracování:

(uveďte hlavní cíle diplomové práce doporučené metody pro vypracování)

1. Proveďte rešerši vhodných mechanismů pro využití v návrhu funkčního modelu pro lepení
2. Proveďte návrhy možných řešení a výběr vhodné varianty řešení pro realizaci funkčního modelu
3. Sestavte model vybrané varianty řešení pomocí software Pro Engineer
4. Proveďte kontrolní výpočty vybraných částí konstrukce
5. Zpracujte výkresovou dokumentaci (sestava, dílů kontrolovaných výpočtem)



Forma zpracování diplomové práce:

- průvodní zpráva: **35 stran formát A4**
- grafické práce: **Výkres sestavy zařízení, díly kontrolované výpočtem**

Seznam literatury (uved'te doporučenou odbornou literaturu):

CHARVÁT, J.: Syntéza mechanismů, Liberec 1966

CHARVÁT, J.: Kinematika se základy teorie mechanismů, Liberec 1974

Manuál Pro Engineer

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Konečný, PhD.**

Konzultant diplomové práce: **Ing. Jaroslav Kopal, CSc.**



prof. Ing. Jaroslav Beran, CSc.
vedoucí katedry



doc. Ing. Miroslav Malý, CSc.
děkan FS

V Liberci dne 08. 11. 2012

Platnost zadání diplomové práce je 15 měsíců od výše uvedeného data (v uvedené lhůtě je třeba podat přihlášku ke SZZ). Termíny odevzdání diplomové práce jsou určeny pro každý studijní rok a jsou uvedeny v harmonogramu výuky.



Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum 23.5.2013

Podpis 

Declaration

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and a consultant.

Date 23.5.2013

Signature *Helma*



Poděkování

Mé poděkování patří panu Ing. Martinu Konečnému, Ph.D. a Ing. Jaroslavu Kopalovi, CSc. za hodnotné rady a odborné vedení mé diplomové práce. Stejně tak i celé katedře textilních a jednoúčelových strojů za vytvoření podmínek pro zpracování této práce.



ANOTACE

V diplomové práci je popsán princip filtrace a základní druhy filtračních skládaných vložek. Jsou také popsány současné způsoby výroby filtračních vložek z textilního pásu a různé provedení spojení jejich konců. Dále je popsán automatický způsob výroby filtračních vložek z papírového pásu. V další části práce jsou podrobně rozebrány navrhované způsoby výroby filtračních vložek z textilního pásu a u vybrané varianty jsou detailně popsány jednotlivé operace, které zařízení vykonává. V závěru práce jsou provedeny kontrolní výpočty vybraných částí mechanismu a vyhodnocení výsledků.

Klíčová slova:

kruhová filtrační vložka, textilní pásek, lepení filtračních vložek, automatizované zařízení

ANNOTATION

In the diploma thesis, the principle of filtration and basic types of filtration folded enclosures are described. The current methods of production of filtration enclosures made of a textile tape and the various versions of bonding their tips are described. The automatic method of production of filtration enclosures made of a textile tape is also described. The proposed methods of filtration enclosures made of a textile tape are detailed discussed and the single operations which the machine described in the last proposed version does are detailed described. In the final part of the work the calculations of the selected parts of the mechanism are calculated and the results are evaluated.

Key words:

circular filter enclosure, textile tape, bonding of filter enclosure, automatized machine

Obsah

Seznam použitých symbolů.....	9
Úvod	10
1 Princip filtrace a používané filtrační vložky	11
2 Předpokládaný polotovár pro výrobu filtrační vložky	13
2.1 Zařízení na přetvarování textilního pásu do poskládaného tvaru.....	13
3 Požadovaný tvar slepené filtrační vložky z textilního pásu	16
4 Rešerše vhodných „mechanizmů“ pro lepení kruhových filtrů	17
4.1 Ruční výroba filtračních vložek z textilního pásu	17
4.1.1 Ruční lepení filtračních vložek za použití jednoduchého přípravku.....	19
4.1.2 Ruční lepení filtračních vložek za použití přesnějšího přípravku	20
4.2 Lepení filtračních vložek pomocí sklápěcího mechanismu	22
4.3 Lepení kruhových filtračních vložek z textilního pásu pomocí manipulátoru „Pick and place“	23
4.3.1 Popis způsobu lepení kruhové filtrační vložky „klínek do klínku“	24
4.3.2 Popis způsobu lepení kruhové filtrační vložky podlepením jednostranného lepicího štítku	26
4.4 Automatická výroba filtračních vložek z papíru	29
5 Návrhy metod na lepení kruhových filtrů z textilního pásu	32
5.1 Lepení kruhových filtračních vložek pomocí „skládačky“	32
5.2 Návrhy možných řešení lepení kruhových filtrů z textilního pásu pomocí manipulátoru „Pick and place“	35
5.2.1 Podrobný popis varianty lepení „klínek do klínku“	37
5.2.2 Podrobný popis varianty lepení pomocí narylovaného lepicího štítku.....	45
6 Kontrolní výpočty mechanismu	49
6.1 Kontrolní výpočet uložení otočného ramena.....	49
6.1.1 Statické namáhání kluzného ložiska vlastní vahou otočného ramena	51
6.1.2 Kontrolní výpočet pro kolizi zachytávacího klínku a podpěrné desky	53
6.1.3 Kontrolní výpočet na kolizi zachytávacího klínku a podpěrné desky při dojezdu manipulátoru.....	54
6.2 Kontrolní výpočet použitých pohonů.....	55
6.2.1 Výpočet potřebného hnacího momentu krokového motoru pro manipulátor ..	56
6.2.2 Výpočet potřebného hnacího momentu na otočném rameni.....	57



Závěr.....	59
Zdroje	60



Seznam použitých symbolů

F	síla [N]
d	průměr [m]
l	šířka [m]
M	krouticí moment [Nm]
P	tlak [Pa]
MKP	metoda konečných prvků
°	stupeň
F _g	gravitační síla [N]
F _x	síla ve směru x [N]
M _h	hnací moment [Nm]
M _z	zátěžový moment [Nm]
r	délka ramena [m]



Úvod

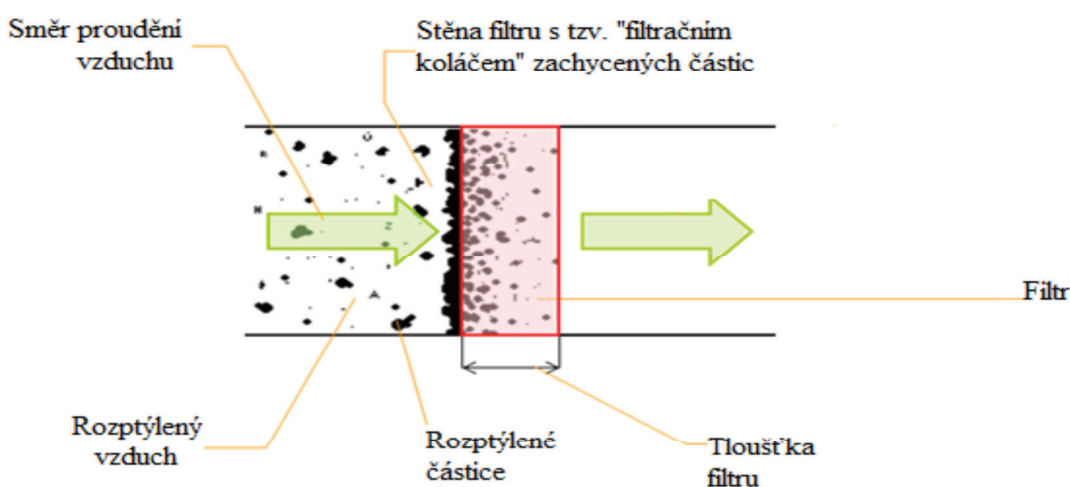
Cílem diplomové práce je návrh vhodné varianty pro automatizaci lepení kruhových filtrů z textilního pásu. Při návrhu funkčního modelu bylo vycházeno z předpokladu, že je k dispozici předloha textilního pásu, který je složen v klínovitém tvaru, fixovaném za pomoci bikomponentních nití na špičkách ohybů. Součástí práce je i vyhodnocení navržených způsobů stáčení a lepení této předlohy do tvaru kruhové filtrační vložky. Řešením diplomové práce má být funkční princip lepení kruhové vložky filtru obličejové masky a nahradit tak dosavadní méně produktivní způsob ručního lepení. Kruhová filtrační vložka z nanovláken bude použita do obličejové masky k filtraci nežádoucích částic, jako jsou prachové nečistoty, viry a bakterie. Obličejová maska bude náhradou dosud používaných obličejových roušek. V současné době se kruhové filtrační vložky stácejí a lepí ručně a z toho vyplývá požadavek tento proces alespoň z části automatizovat.

1 Princip filtrace a používané filtrační vložky

Filtrace je proces oddělení pevných částic od plynů či kapaliny. A to tak, že médium prochází filtrační vložkou, která pevné částičky spolehlivě zachytí a oddělí. Tekutina filtrační vložkou projde dál a je zbavena nežádoucích částic. Průchodu média filtrační vložkou je docíleno díky rozdílu tlaků před a za filtrační vložkou.

Rozlišujeme filtry plošné a hloubkové. Plošné filtry se od hloubkových liší menší tloušťkou filtrační vrstvy. Filtrované částičky se od filtrované tekutiny oddělí na ploše filtru a dále prochází jen odfiltrovaná (čistá) tekutina, zbavená nežádoucích částic, které jsou větší, než jsou póry filtru. Tyto částičky jsou odděleny od protékající tekutiny a zůstávají na vnější ploše filtrační vložky.

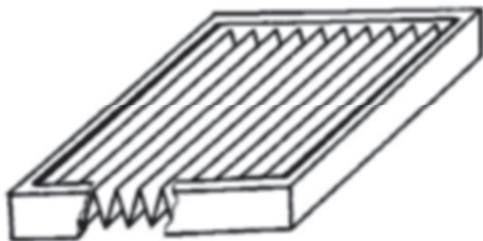
U hloubkové filtrace (obr. 1) se používají filtry s větší tloušťkou filtrační vrstvy. Větší podíl částic je zachycen již na ploše filtračního materiálu. Filtrované částičky, menší než jsou póry na vstupu, procházejí filtračním materiálem a jsou postupně zachyceny uvnitř objemu vláknenné vrstvy filtru.



Obr. 1: Schéma hloubkové filtrace [4]

Filtrační vložky s vytvořenými sklady mohou být kruhové (obr. 3) nebo plošné (obr. 2), přičemž obě mají na ploše filtračního materiálu, kterým prochází filtrované médium, vytvořeny ohyby. Ty na filtračních vložkách zvětšují účinnou plochu filtru a tím i životnost filtrační vložky. Sklady se na rovném pásku u papírových filtrů vytvářejí pomocí rylovacího válce, který na papírovém pásku vytvoří rýhy, podle nichž je pásek

ohýbán. Tento postup nelze uplatnit při skládání pásu z textilní látky, protože to nedovolují vlastnosti textilního materiálu.



Obr. 2: Plošná filtrační vložka v rámečku [5]

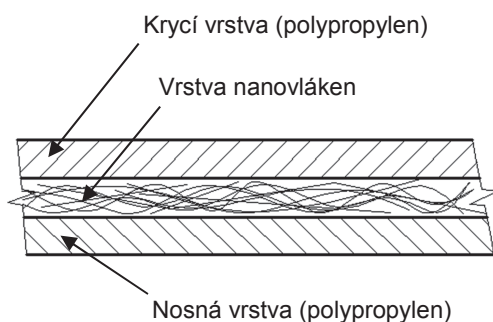


Obr. 3: Kruhové filtrační vložky v přírubách [9]

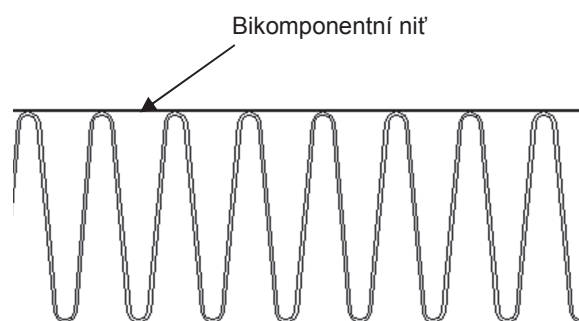
Dále rozlišujeme filtrační vložky aktivní a pasivní. Filtry pasivní se používají k odlučování pevných nečistot pouze průchodem média filtračním materiálem. Tyto filtry pracují na principu fyzikálního čištění. Aktivní filtry využívají jak fyzikální princip, tak i chemický, kdy je na filtrační vložku vázaná určitá vhodná chemická látka, která neutralizuje škodlivé látky, jež chceme odfiltrovat.

2 Předpokládaný polotovar pro výrobu filtrační vložky

Jako polotovar pro výrobu filtrační vložky je uvažován textilní pásek (obr. 4), jenž je tvořen podkladovou (nosnou) vrstvou z netkané textilie (polypropylen), na kterou je nanесena vrstva nanovláken. Pro krytí nanovláken je použita rovněž netkaná textilie z polypropylenu, která je zajištěná bondingem. Složený textilní pásek ve tvaru harmoniky je ustřižen na požadovanou délku. Ta odpovídá průměru filtrační vložky po stočení a slepení do kruhového tvaru. Sklady jsou fixovány pomocí dvojice bikomponentních polyesterových nití, které jsou přilepeny na vrcholcích skladů, jak je naznačeno na obrázku 5.



Obr. 4: Textilní pásek z nanovláken



Obr. 5: Skládáný pásek

2.1 Zařízení na přetvarování textilního pásu do poskládaného tvaru

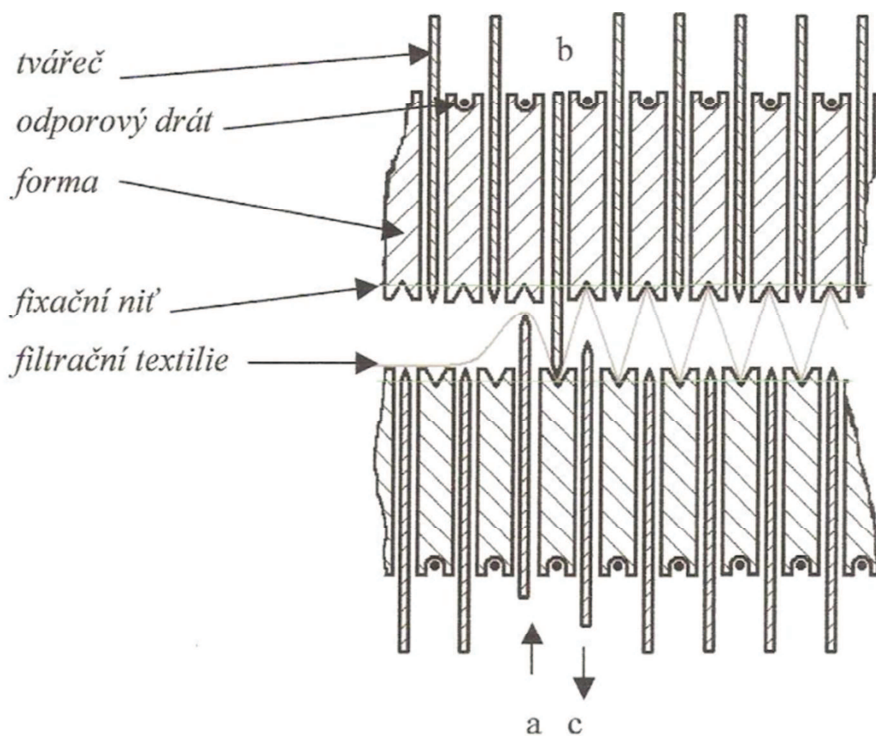
U klasických, například olejových filtrů, kde filtrační vložku tvoří papír, je k vytvoření „harmoniky“ z rovného pásu použito tzv. rylování. Následně je složený pásek fixován v požadovaném tvaru pomocí lepidla. Tento způsob je pro tvarování textilního pásu nepoužitelný, protože textilie je příliš měkká a nedrží požadovaný tvar. Pouhým vytvořením rýhy rylovacím válcem na pásku z textilie by nebylo možné pásek složit a fixovat ve tvaru „harmoniky“. Případné vytvoření rýhy na tomto tenkém textilním pásku by mohlo způsobit poškození nanovlákněné vrstvy.

Z těchto důvodů bylo podle bakalářské práce Davida Svobody z roku 2012 [5] navrženo zařízení na vytvarování rovného pásu (obr. 6) z nanovláken do složeného tvaru, kde klínovitý tvar skladů je fixován nalepenou nití na vrcholcích skladů. Toto zařízení pracuje kontinuálně, kdy je mezi tvářecí a formu přiveden pásek, který je

postupně odtahován z navinutého kotouče. Pomocí tvářeců a forem (obr. 7) je pásek vytvarován do požadovaného tvaru. Tvářecce jsou ovládány pneumatickými válci a směřují proti formě. Jednotlivé formy a tvářecce jsou od sebe vzdáleny vždy v rozteči, která odpovídá požadované vzdálenosti jednotlivých ohybů na složeném pásku.

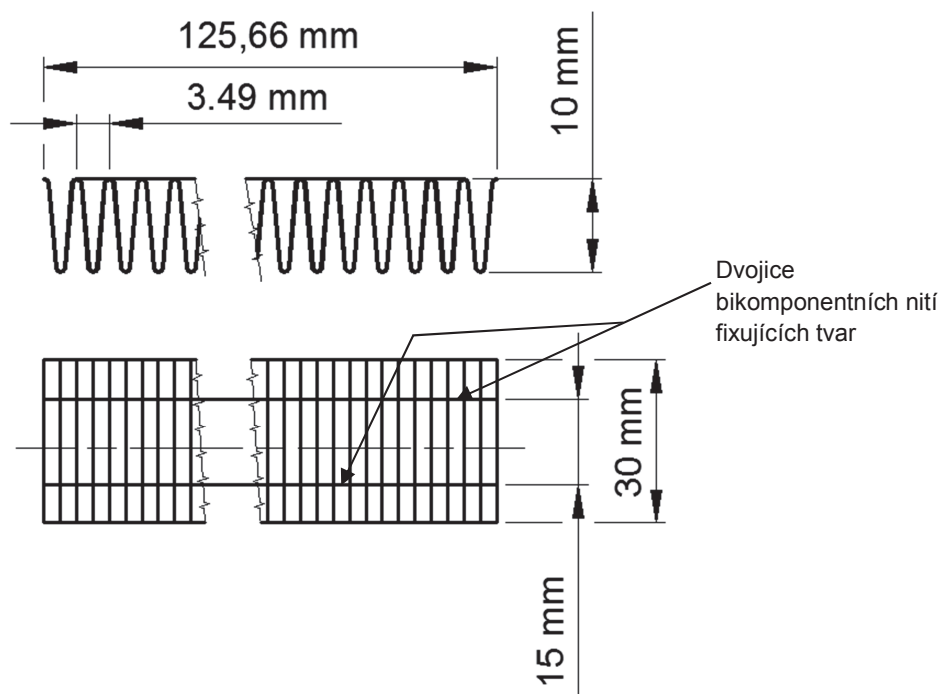


Obr. 6: Ukázka rovinného textilního pásku



Obr. 7: Schéma zařízení na tvorbu skladů na textilním pásku [5]

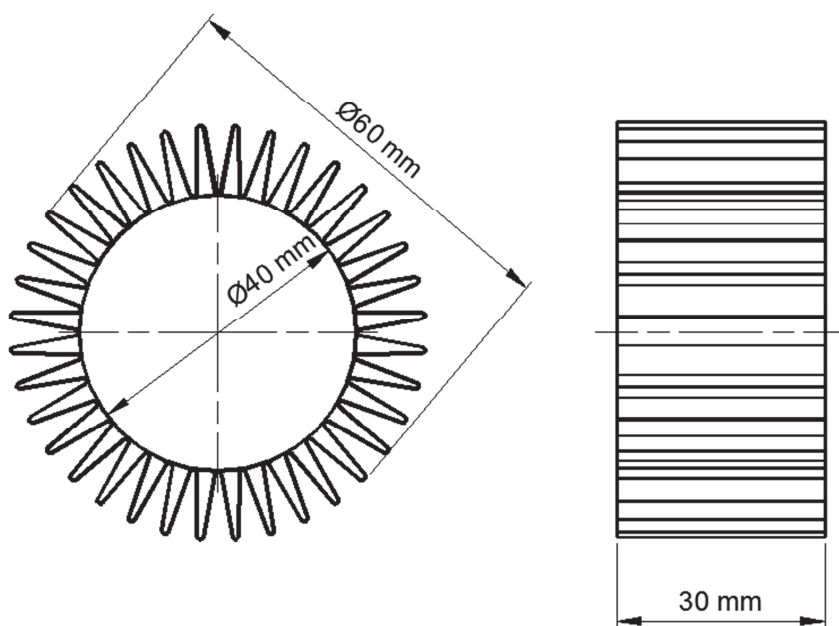
Tvářeče se jeden po druhém vysouvají proti formě, do které přimáčknou textilní pásek, a vytvoří tak ohyb. Každá z forem je vyhřívána odporovým drátem. Ohyb tedy tvaruje teplota a tlak. Další tvářeč, který je posunut právě o rozteč skladů, vyjíždí v opačném směru a dotlačí druhý ohyb pásku do protilehlé formy. Tímto způsobem tvářeče postupně pásek tvarují a přitom odtahují z kotouče. Na vrchních špičkách jsou zároveň při tvarování pásku lepeny bikomponentní nitě, které jsou vedeny drážkami skrze vyhřívané formy. Při domáčknutí textilního pásku tvářečem do formy je bikomponentní nit přilepena ke špičce skladu a to pomocí svrchní složky z polymeru. Tato složka je natavena vyhřívanou formou a jádro nitě je vzhledem k vyšší teplotě tání netknuto. Tvar skládaného pásku je tedy fixován pomocí nití, které jsou lepeny ve dvojici z jedné strany na špičky složeného pásku. Skládaný pásek tak drží svůj tvar a rozteč jednotlivých ohybů pásku je pevně zafixovaná (obr. 8). Po dokončení tvarování na délce, kterou pokrývají tvářeče a formy, je již složený pásek odtažen a to tak, aby na poslední sklad bylo navázáno ve správné rozteči dalším ohybem. Po vytvoření určité délky je skládaný pásek nastříhán v požadované délce.



Obr. 8: Polotovár pro lepení filtrační vložky

3 Požadovaný tvar slepené filtrační vložky z textilního pásu

Tvar stočené a slepené filtrační vložky vychází z použitého polotovaru (obr. 8). Skládaný textilní pásek má mít po stočení a slepení konců tvar „hvězdy“ (obr. 9), kde vnitřní průměr má být 40 mm. Tím je dán i vnější průměr, který je 60 mm, a šířka filtrační vložky je stejná jako šířka pásu, tedy 30 mm. Na obvodu filtrační vložky je 36 zubů. Jejich počet odpovídá délce polotovaru pro rozteč jednotlivých ohybů 3,5 mm.



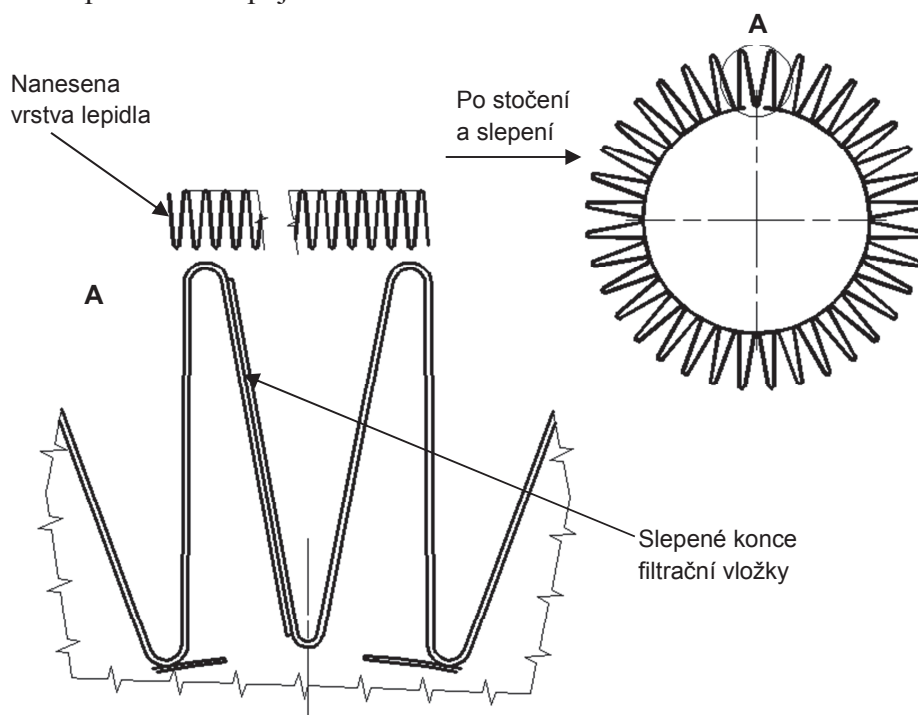
Obr. 9: Požadovaný tvar filtrační vložky

4 Rešerše vhodných „mechanizmů“ pro lepení kruhových filtrů

Výroba filtračních vložek z textilního pásu je převážně ruční. Automatické lepení a stáčení textilních pásů je náročné, protože textilní skládaný pásek díky svým mechanickým vlastnostem hůře zachovává požadovaný tvar a je velice tvárný a měkký. Jinak je tomu v případě pásu z papíru, kde vytvořené sklady dostatečně vyztužují a zpevňují polotovar. Textilní materiál tuto vlastnost zcela postrádá, a proto je manipulace a také veškeré zpracování textilních materiálů pro dané účely mnohem obtížnější.

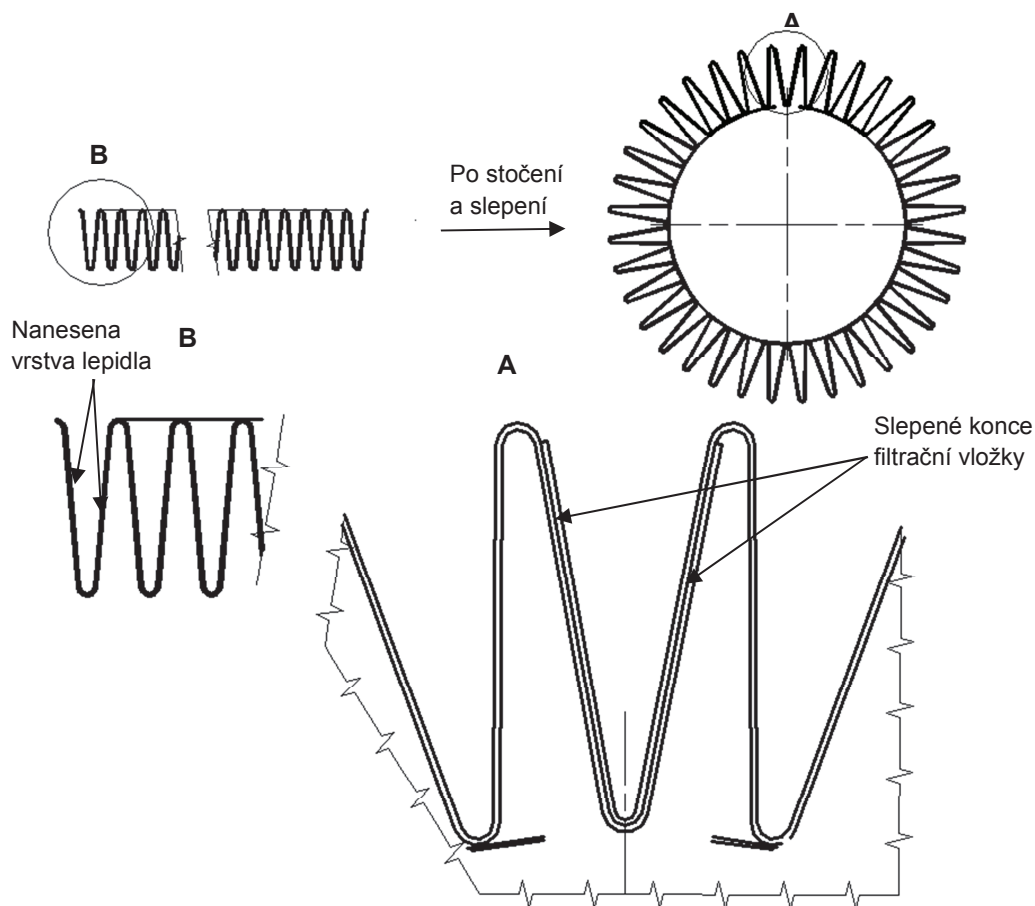
4.1 Ruční výroba filtračních vložek z textilního pásu

Skládaný pásek ve tvaru „harmoniky“ je ustřižen v požadované délce. Na jeden konec pásu je následně štětečkem nanese lepidlo a druhý konec pásu je k němu přilepen tak, aby nit fixující tvar skladů byla na vnitřním průměru filtrační vložky. Při lepení je potřeba slepené konce vždy mírně přimáchnout a přidržet, než se lepidlo vytvrdí a spolehlivě drží spoj. Lepidlo může být nanese na jednu plochu pásu (obr. 10) a filtrační vložka je tak slepena pouze mezi koncovými plochami. Pak nedojde k plnému překrytí konců filtrační vložky, což by při nedokonalém slepení mohlo způsobit nespolehlivost spojení.



Obr. 10: Způsob lepení filtrační vložky v jedné ploše

Z tohoto důvodu je vhodnější, aby se konce slepeného pásu překrývaly a byly tak spojeny na větší ploše pásu (obr. 11). To znamená, že ustřižený pásek musí být o polovinu rozteče skladu delší. Tento sklad je založen do skladu na druhém konci pásu tak, aby byl zachován stejný vnitřní průměr filtrační vložky. V tomto případě je lepidlo nanášeno na vnitřní plochy prvního klínku, aby bylo možné po stočení pásu do tohoto klínku zasunout a přilepit první klínek pásu. Tím je docíleno pevnějšího a kvalitnějšího spojení filtrační vložky.



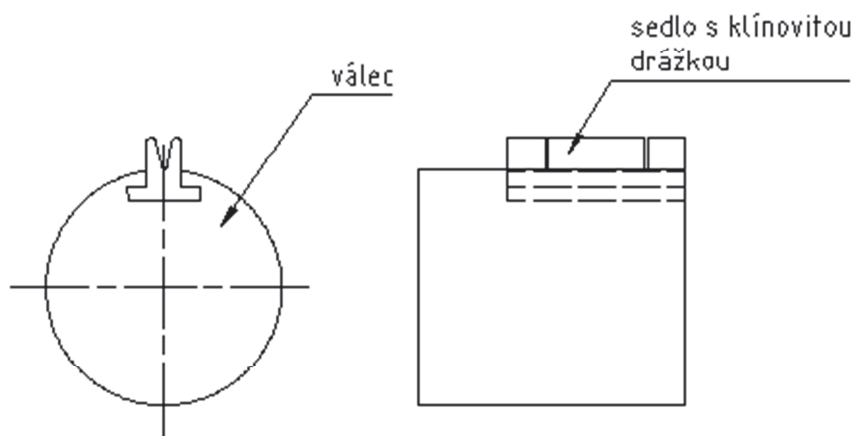
Obr. 11: Způsob lepení filtrační vložky „klínek v klínku“

Ruční způsob lepení kruhových filtračních vložek je neproduktivní. Při manipulaci s lepidlem dochází k ulpívání lepidla na konečcích prstů, což znesnadňuje manipulaci s textilním páskem, který se lepí na prsty pracovníka. Kvalita slepení nemusí být vždy díky tomu dostačující a filtrační vložky tak nejsou všechny stejné a nemusí být přesně a spolehlivě slepené.

4.1.1 Ruční lepení filtračních vložek za použití jednoduchého přípravku

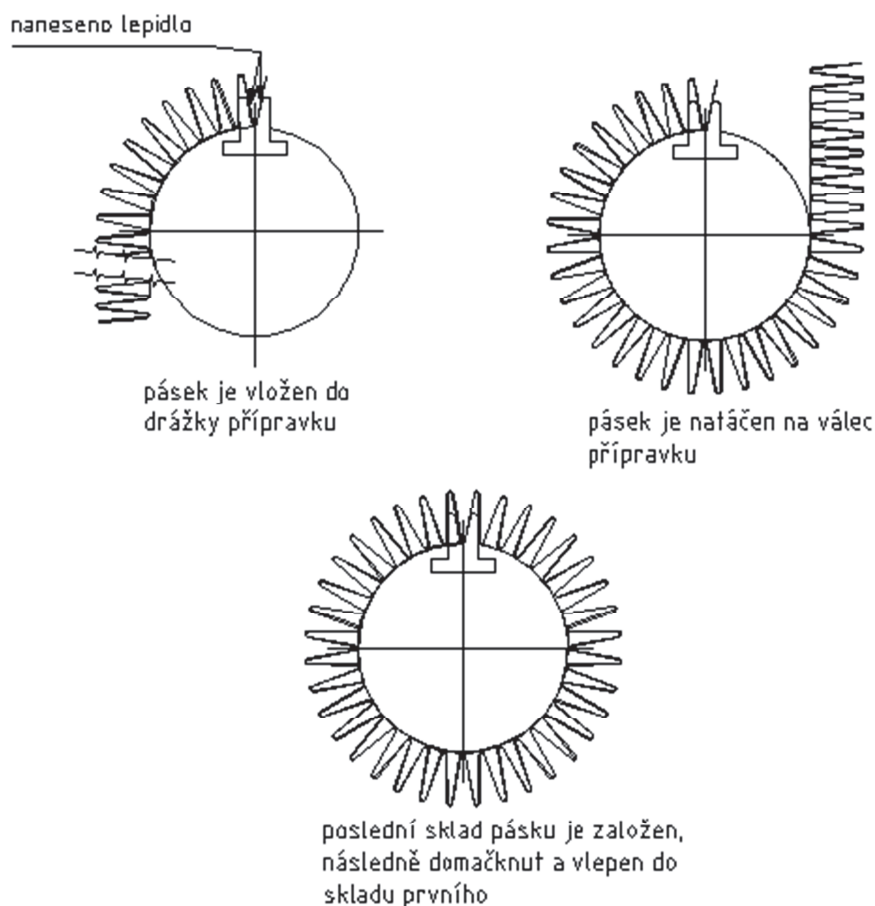
Při ruční výrobě kruhových filtračních vložek se mohou používat různé typy přípravků, které práci usnadňují, ale zcela neodstraňují nesnadnou manipulaci při jejich výrobě.

Přípravek má tvar válce, jehož průměr odpovídá vnitřnímu průměru kruhového filtru. Válec (obr. 12) má na svém obvodu jednu drážku, do té je nasunuto sedlo, které má výřez ve tvaru klínu. Tento tvar odpovídá tvaru klínu na skládaném pásku.



Obr. 12: Přípravek na lepení kruhových filtračních vložek

V klínovité mezeře sedla je zachycen poslední klínek pásku tak, aby na vnitřní plochu pásku bylo možné nanést lepidlo (obr. 13). Plocha pásku, na které se nanáší lepidlo, má díky tomu pevnou oporu, což usnadňuje pracovníkovi nanesení lepidla v požadované míře a přesně na místo, kam je potřeba lepidlo nanést. Po nanesení lepidla je ručně skládaný pásek nabalen na průměr válce tak, aby poslední klínek pásku zapadl do prvního klínu druhého konce pásku, kde je naneseno lepidlo. Tyto klínky se do sebe domáčkou a po zatuhnutí lepidla se kruhový filtr z válce stáhne spolu se sedlem a klínkem na domáčknutí.

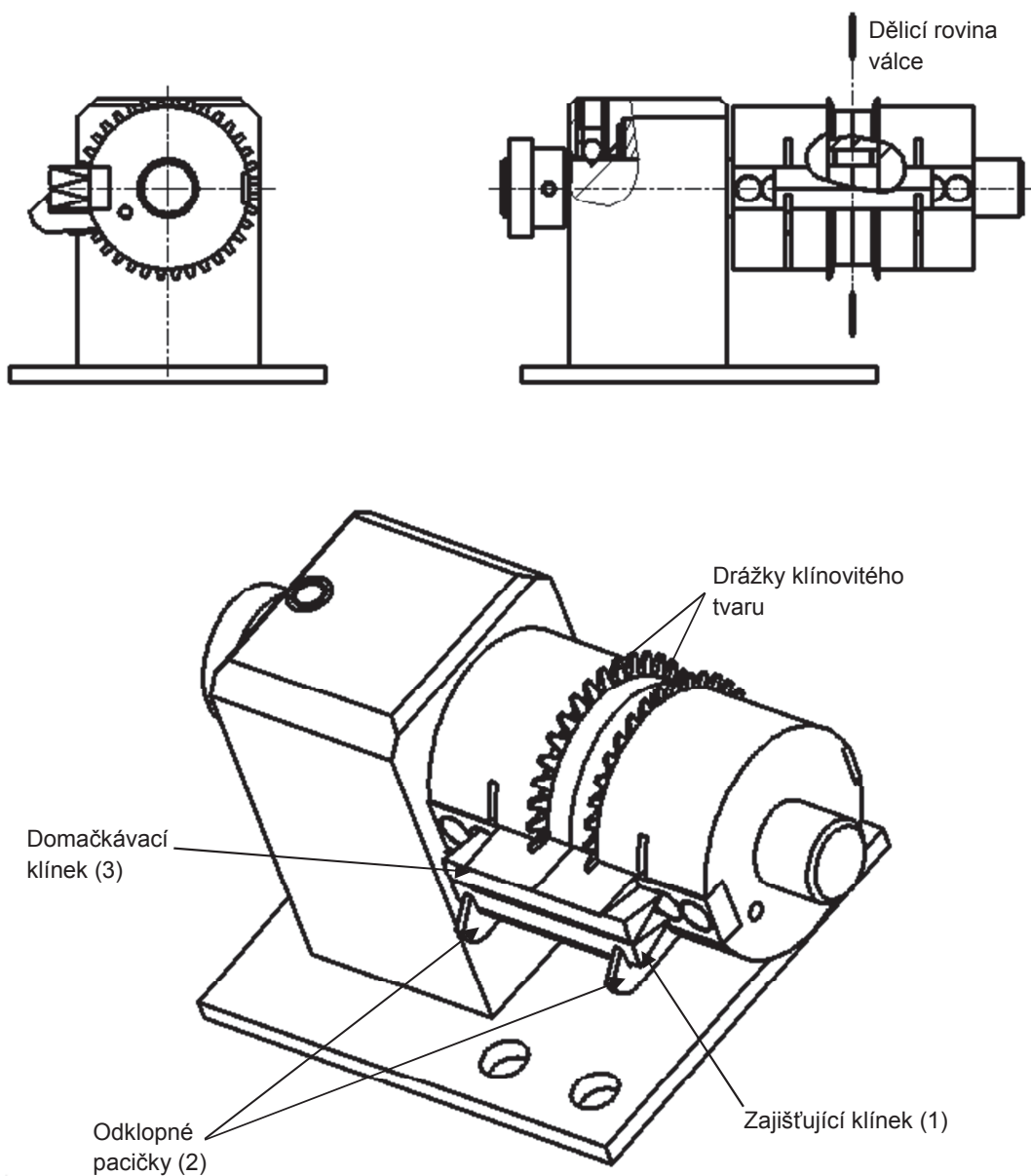


Obr. 13: Schéma ručního lepení kruhových filtračních vložek

4.1.2 Ruční lepení filtračních vložek za použití přesnějšího přípravku

Polotovary filtrační vložky je ručně naváděn na dělený válec (obr. 14). Ten má symetricky od dělicí roviny dvojici kotoučů se 36 drážkami klínovitého tvaru, mezi které jsou navedeny obě fixační nitě filtrační vložky. Vnější průměr válce odpovídá vnitřnímu průměru stočené filtrační vložky. Druhý sklad filtrační vložky je pomocí zajišťujícího klínku (1) zajištěn v klínovité drážce na válci. Klínek, který druhý sklad filtrační vložky zajišťuje v klínovité drážce na válci, je držen a zajištěn odklopnými pacičkami (2). Tím je první sklad pásku volný pro nanесení lepidla. Válcem je dále otočeno o 360°. Skládání pásek je na válec postupně navíjen, přičemž každý další sklad zapadá do klínovitých drážek na obvodu válce. Po otočení válce o celých 360° je do

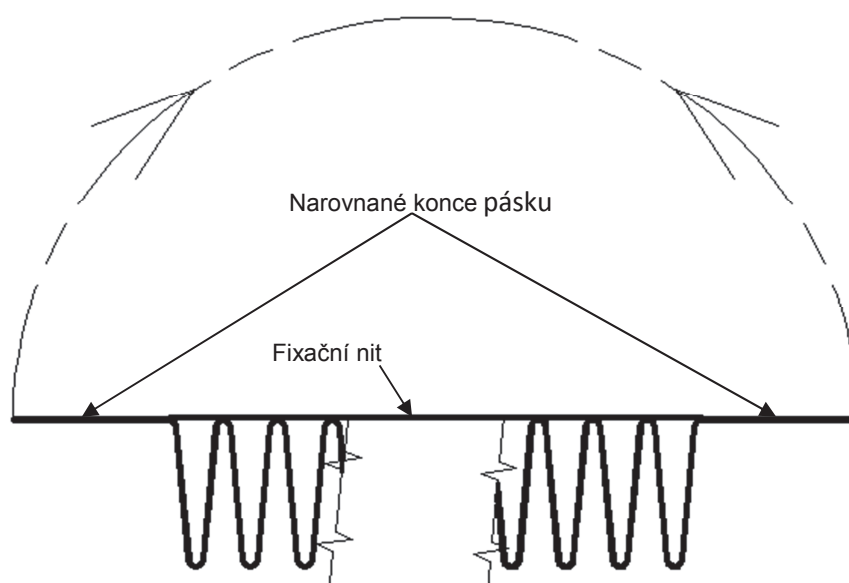
prvního skladu na filtrační vložce ručně naveden 37. sklad filtrační vložky. Do prvního skladu je tak vlepen poslední ohyb filtrační vložky. Pomocí domačkávacího klínu (3) jsou sklady na filtrační vložce do sebe domačknuty a tím slepeny. Po dostatečném ztuhnutí lepidla je slepená filtrační vložka z válce stažena a to tak, že je zapotřebí válec demontovat, neboť slepenou filtrační vložku, z důvodu podlepených fixačních nití, nelze stáhnout přes klínovité drážky z válce.



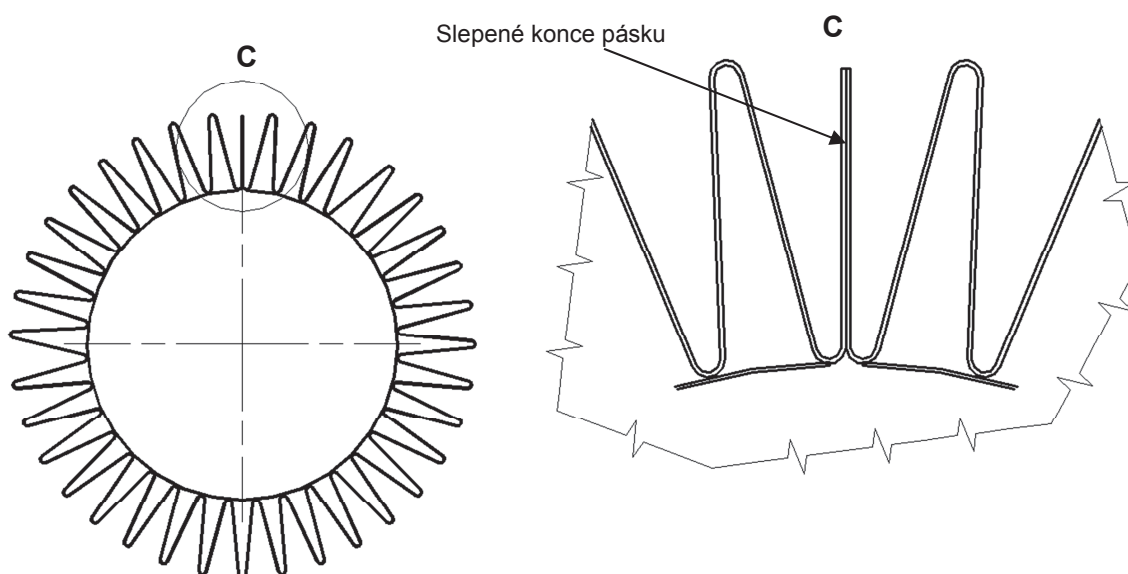
Obr. 14: Přípravek pro přesné ruční lepení kruhových filtrů [10]

4.2 Lepení filtračních vložek pomocí sklápěcího mechanismu

Polotovár pro tento způsob výroby filtračních vložek je skládaný pásek s narovnanými konci (obr. 15), na které je nanášeno lepidlo. Tento způsob lepení filtračních vložek je založen na principu, kdy jsou dvě otočná ramena, na kterých je položen skládaný pásek, ve výchozí poloze v jedné rovině a jejich otočením proti sobě o 90° jsou narovnané konce filtrační vložky přimáčknuty k sobě. Po ztuhnutí lepidla jsou konce pásu slepeny a ramena sklápěcího mechanismu se mohou vrátit do původní polohy. Filtrační vložka je tak slepena v jedné ploše (obr. 16).



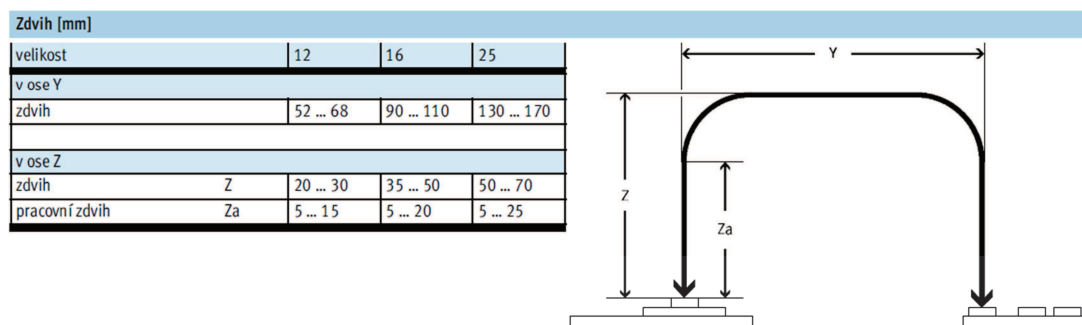
Obr. 15: Polotovár filtrační vložky



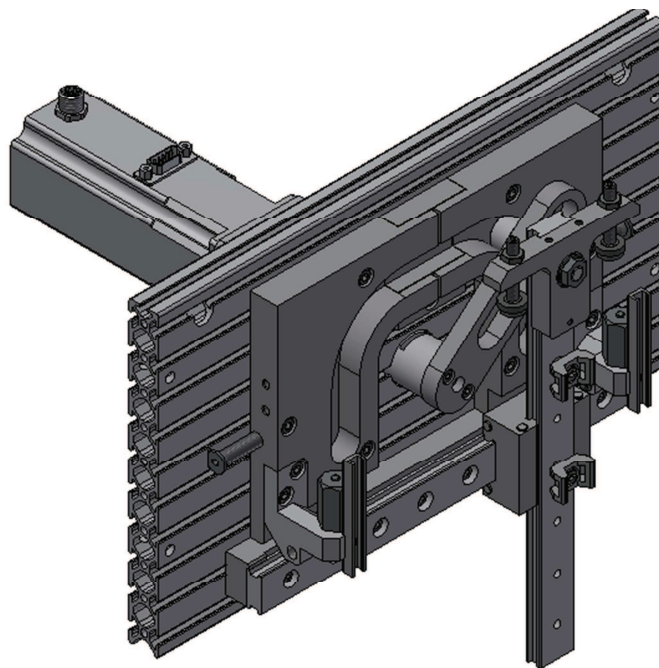
Obr. 16: Slepěná filtrační vložka

4.3 Lepení kruhových filtračních vložek z textilního pásu pomocí manipulátoru „Pick and place“

Při tomto způsobu lepení kruhových filtračních vložek z textilního pásu je použit manipulátor (obr. 18), který s vysokou přesností dokáže po definované trajektorii (obr. 17) svého pohybu přenášet držené předměty. Katalog prodejce uvádí opakovatelnou přesnost pohybu 0,01–0,02 mm. Díky tomu může být docíleno přesného navedení konců skládaného textilního pásu k sobě tak, aby je bylo možné slepit. Zdvih manipulátoru v ose Y musí odpovídat délce skládaného pásu před slepením.



Obr. 17: Tabulka hodnot pro definici trajektorií manipulátoru „Pick and place“ [1]



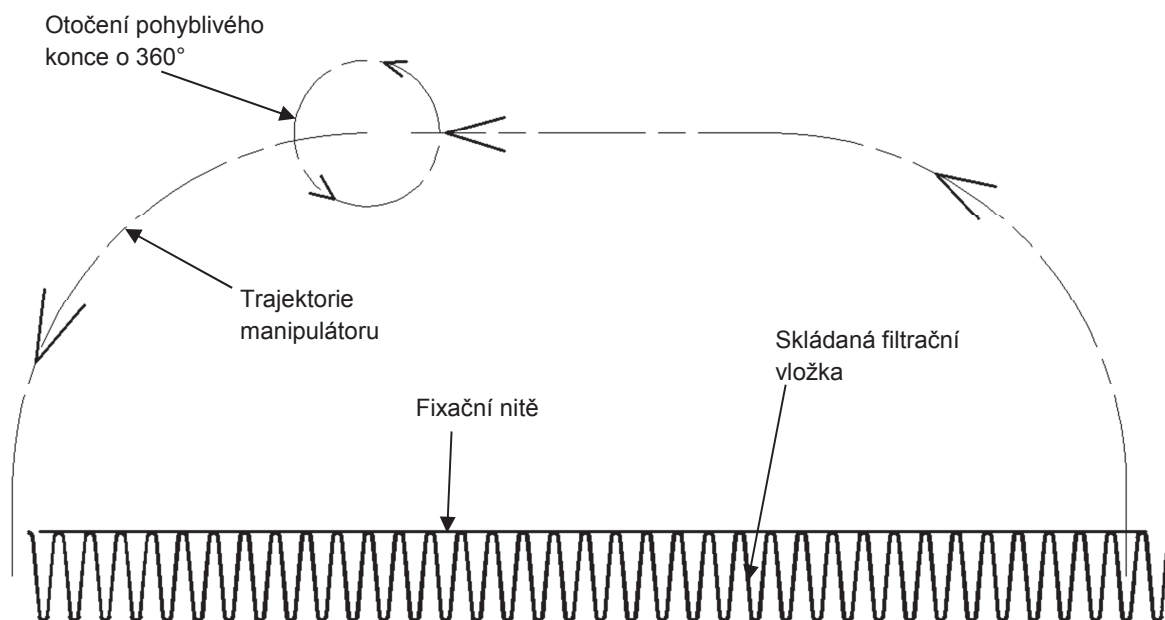
Obr. 18: Model manipulátoru „Pick and place“ [1]

Skládaný pás je vložen do zařízení a oba konce jsou zachyceny pomocí systému klínek, které mají tvar zubů skládaného pásu. Systém klínek, který zachytí začátek skládaného pásu, je držen ramenem manipulátoru a veden po jeho trajektorii. Klínky, které drží začátek skládaného pásu, jsou drženy na otočném rameni tak, aby s nimi

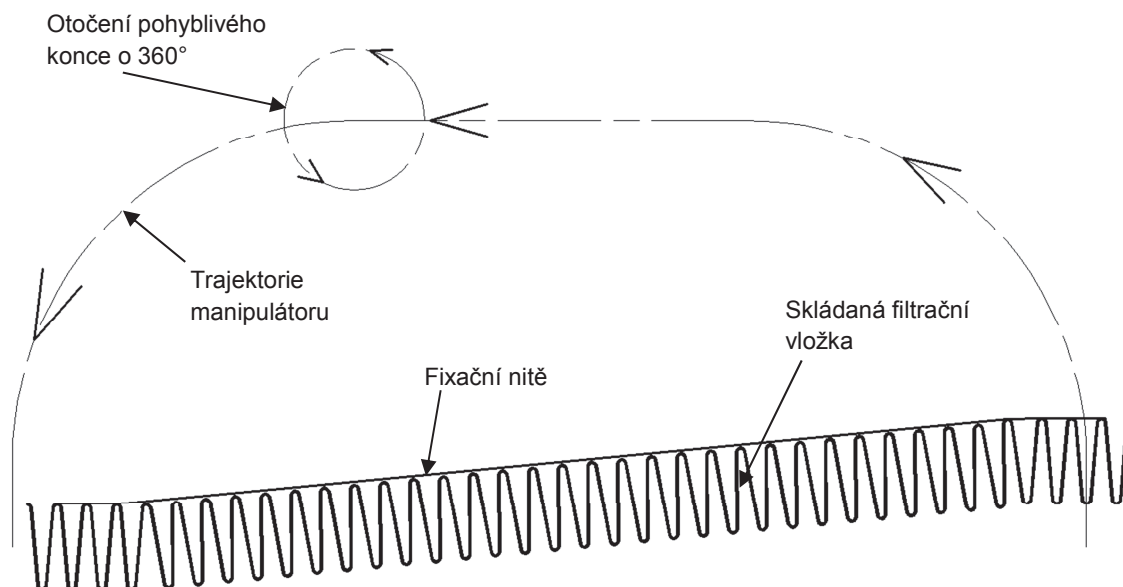
bylo možné otočit. Ve vhodném místě trajektorie, kde je pásek dostatečně volný, je zachyceným začátkem pásku otočeno o 360° . Manipulátor dokončí cyklus a konec i začátek skládaného textilního pásku jsou na určeném místě, které se liší dle způsobu spojení a to pomocí lepidla (způsobem „klínek do klínu“) nebo narylovaného jednostranně lepicího štítku (podlepení narovnaných konců skládaného pásku lepicím štítkem).

4.3.1 Popis způsobu lepení kruhové filtrační vložky „klínek do klínu“

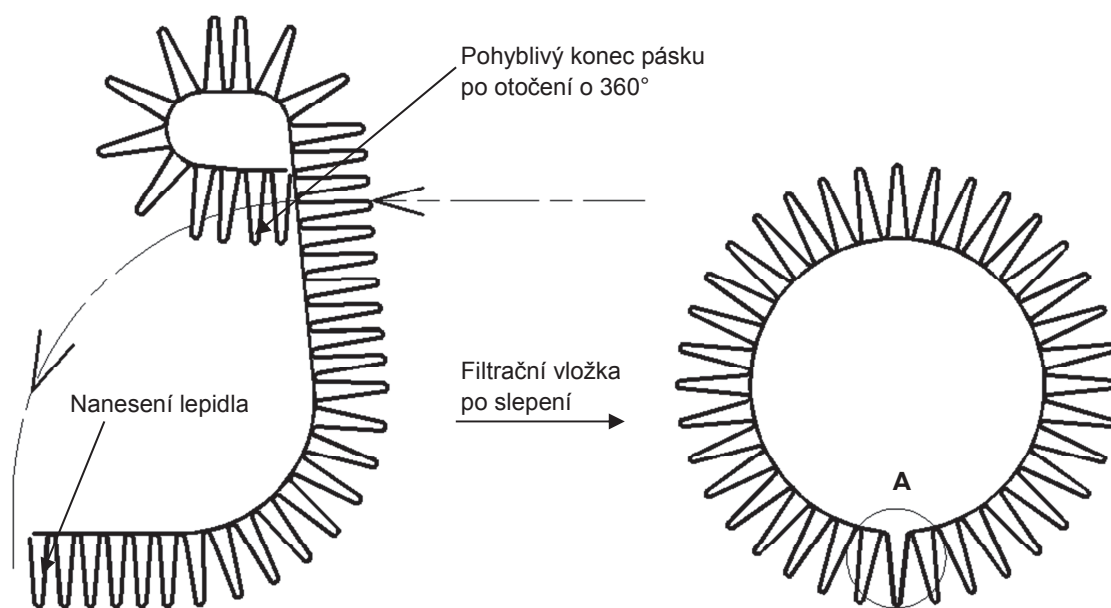
Pro spojení pomocí vhodného lepidla je nutné zajistit přesné umístění obou konců složeného pásku tzv. „klínek v klínu“, kdy na konci cyklu manipulátoru je první (pohyblivý) klínek naveden manipulátorem do klínu na druhém (pevně zachyceném) konci. Ještě před dokončením této operace je do klínu na pevně zachyceném konci nanесeno vhodné lepidlo. Dokončení úkonu spočívá v přitlačení pohyblivého konce na konec pevný. Princip tohoto způsobu je schematicky naznačen na obrázcích 19 až 22.



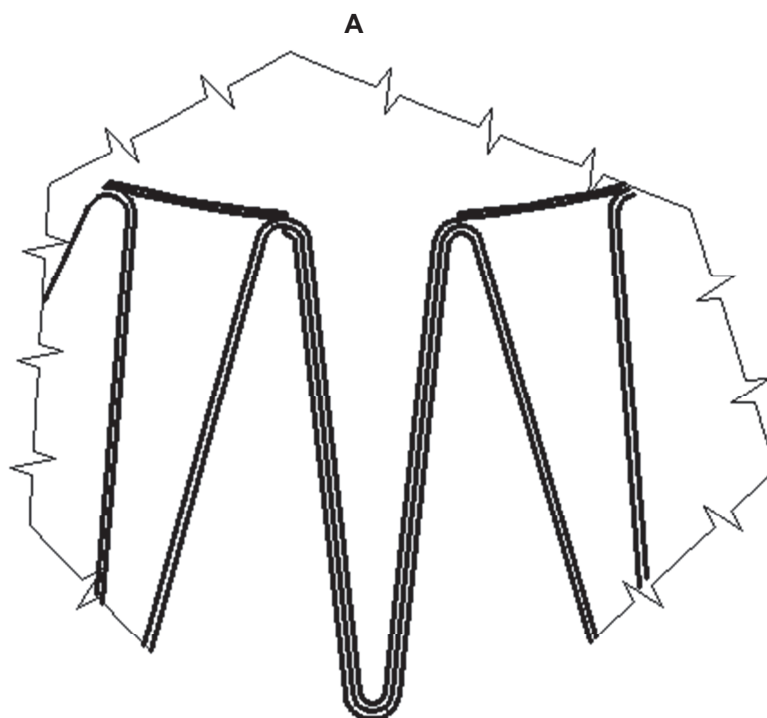
Obr. 19: Schéma lepení filtrační vložky „klínek v klínu“



Obr. 20: Schéma lepení filtrační vložky „klínek v klínku“: začátek pohybu po trajektorii



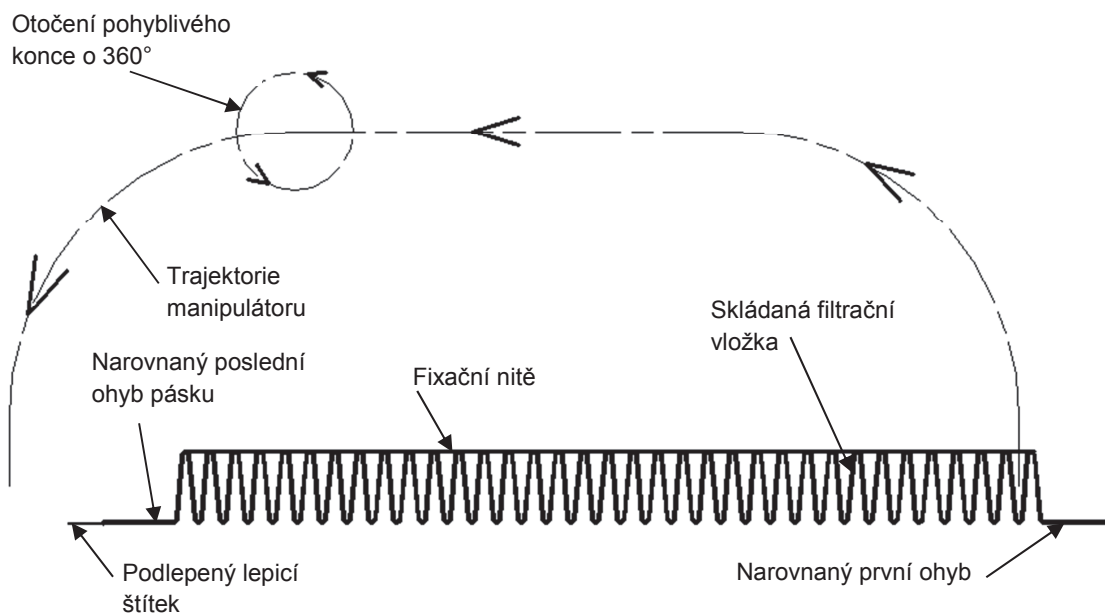
Obr. 21: Schéma lepení filtrační vložky „klínek v klínku“



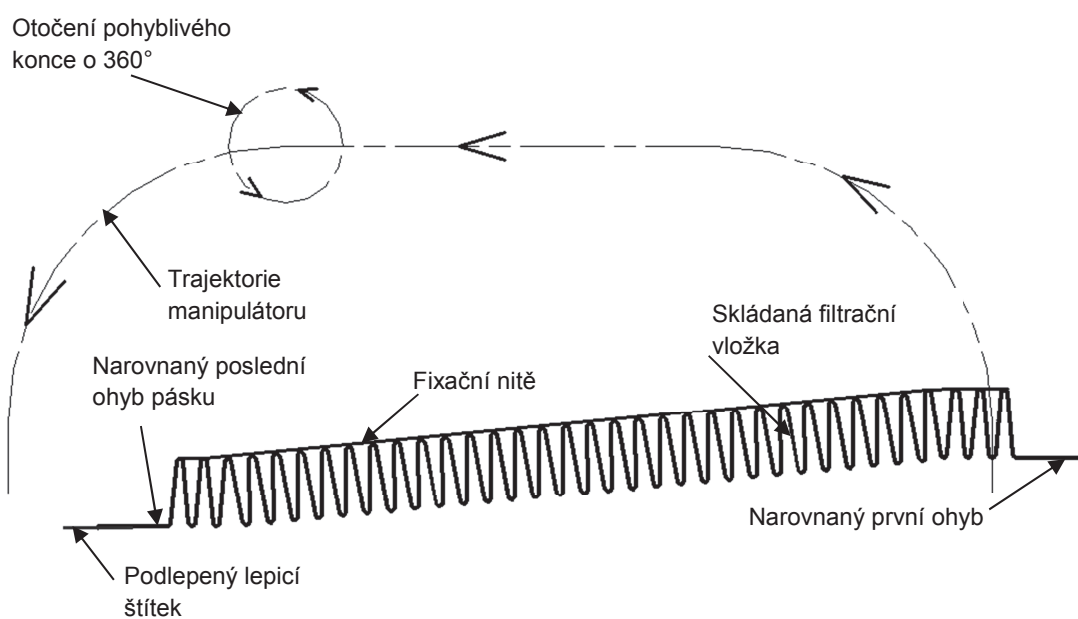
Obr. 22: Detail slepených konců filtrační vložky

4.3.2 Popis způsobu lepení kruhové filtrační vložky podlepením jednostranného lepicího štítku

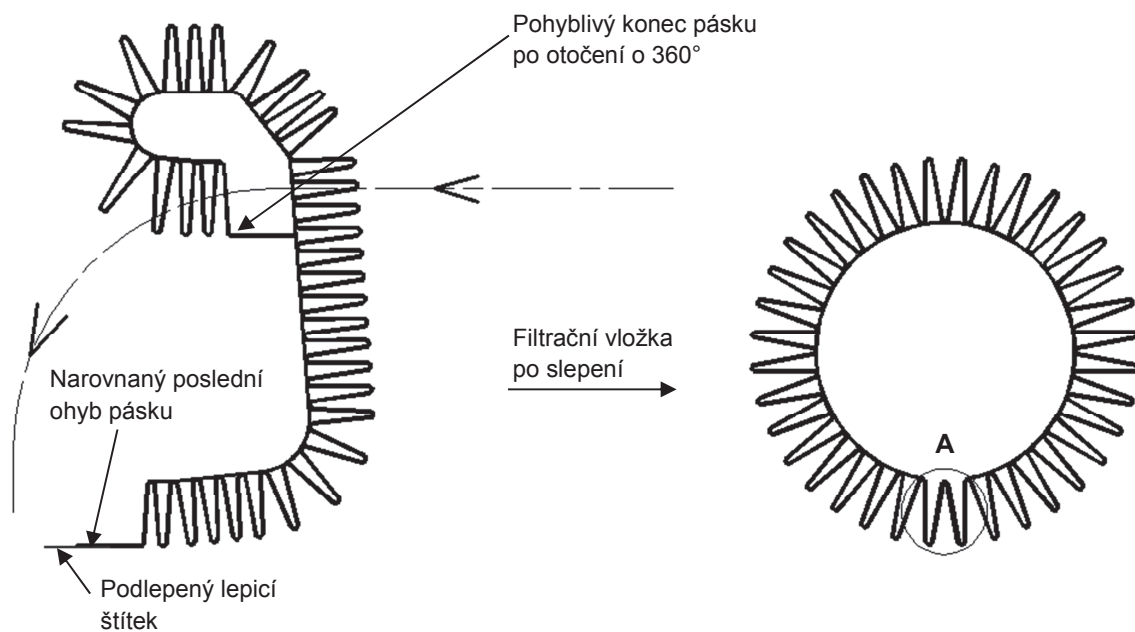
Pro spojení konců filtrační vložky pomocí jednostranného lepicího štítku vykoná zařízení zcela stejný pohyb, jak je popsáno v předchozí části s tím rozdílem, že do prvního skladu na pevně zachyceném klínku není nanášeno lepidlo a délka trajektorie v ose Y je delší. Poslední ohyb pásu je narovnán a přilepen na předem narylovaný jednostranný lepicí štítek a druhý konec je naveden manipulátorem na druhou polovinu tohoto lepicího štítku. Oba narovnané konce jsou na lepicí štítek přitlačeny. V tomto případě nedojde k překryvu konců lepené filtrační vložky. Jelikož je lepicí štítek uprostřed narylovaný, vytvoří se po ohnutí přibližně stejný ohyb, jako je na zbytku filtrační vložky. Princip tohoto způsobu je schematicky naznačen na obrázcích 23 až 26.



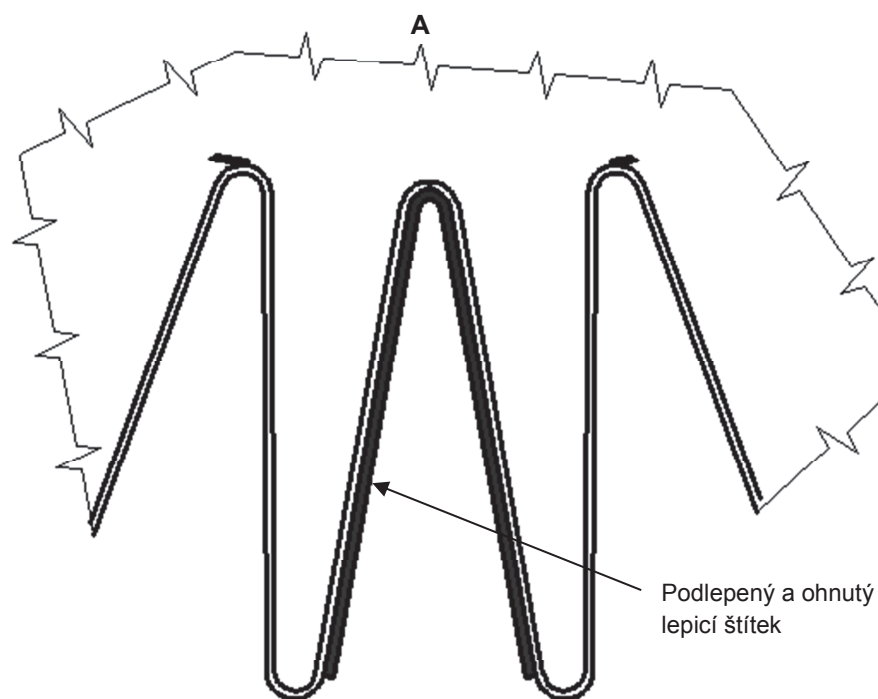
Obr. 23: Schéma lepení filtrační vložky pomocí lepicího štítku



Obr. 24: Schéma lepení filtrační vložky pomocí lepicího štítku: začátek pohybu po trajektorii



Obr. 25: Schéma lepení filtrační vložky pomocí lepicího štítku



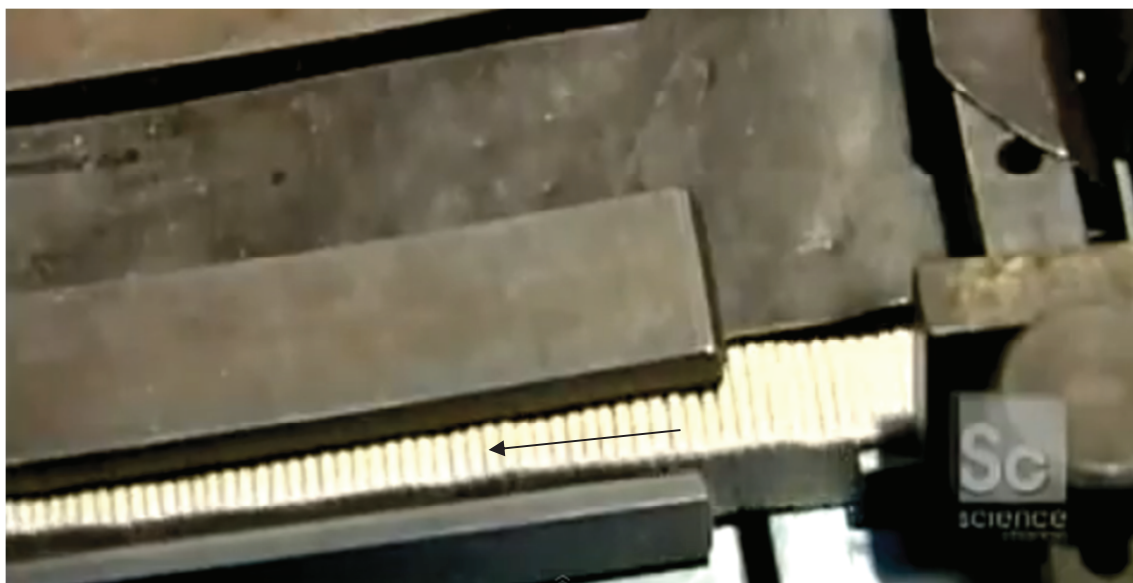
Obr. 26: Detail slepených konců filtrační vložky

4.4 Automatická výroba filtračních vložek z papíru

Pás papíru je odvíjen z role pomocí odtahových válců. Dále jsou na ploše papírového pásu vytvořeny prolisy a to v místech, kde se pásek ohýbá. Rylovací válec má na svém obvodu hrany, které vytváří na ploše papíru prolisy potřebné hloubky a rozteče. V místech prolisů následně dochází k postupnému ohýbání papírového pásu a jsou tak vytvořeny sklady ve tvaru sevřené „harmoniky“. Na obr. 27 a 28 je možné vidět, jak je narylovaný papírový pásek postupně skládán a veden v liště.

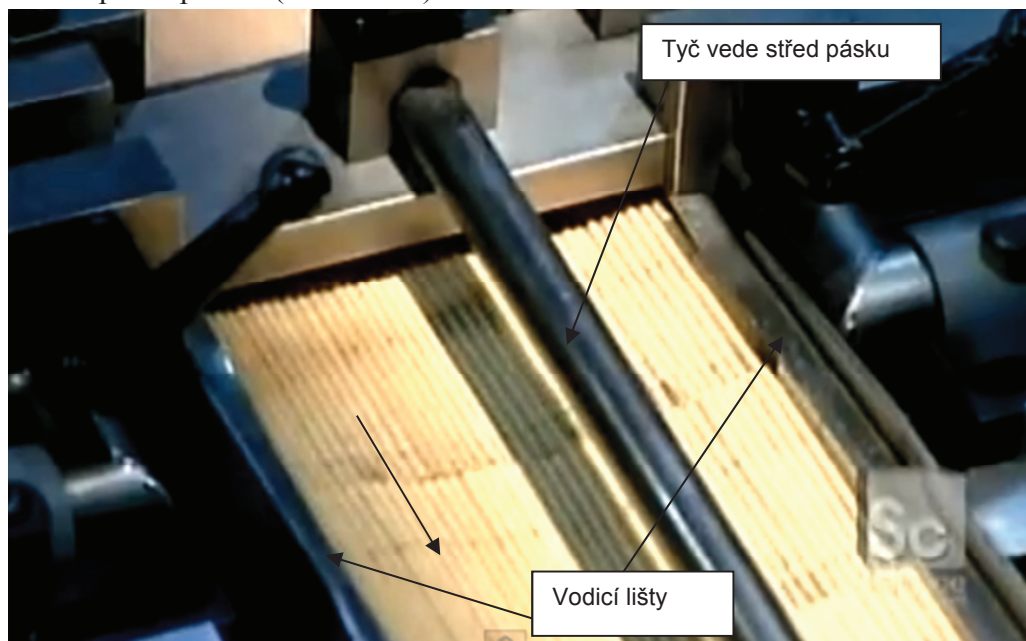


Obr. 27: Skládání papírového pásu [6]

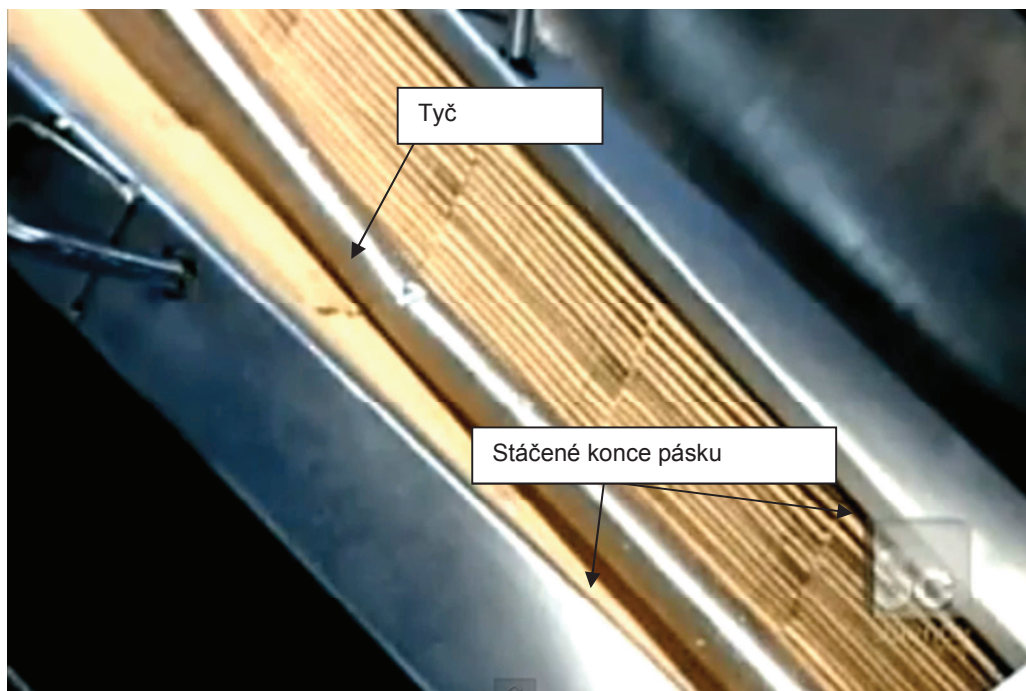


Obr. 28: Vedení skládaného papírového pásu [6]

Složený papírový pás je postupně dělen na požadovaný rozměr a následně pod úhlem 90° zasouván pomocí pneumatického válce do stáčecího zásobníku. Zde jsou konce složeného pásu navedeny na vodící lišty, které svou konstrukcí zajistí, že postupným pohybem vpřed dochází k plynulému stáčení filtrační vložky do požadovaného tvaru. Uprostřed mezi lištami je vodící tyč, která drží střed stáčeného pásu ve spodní poloze (obr. 29–31).



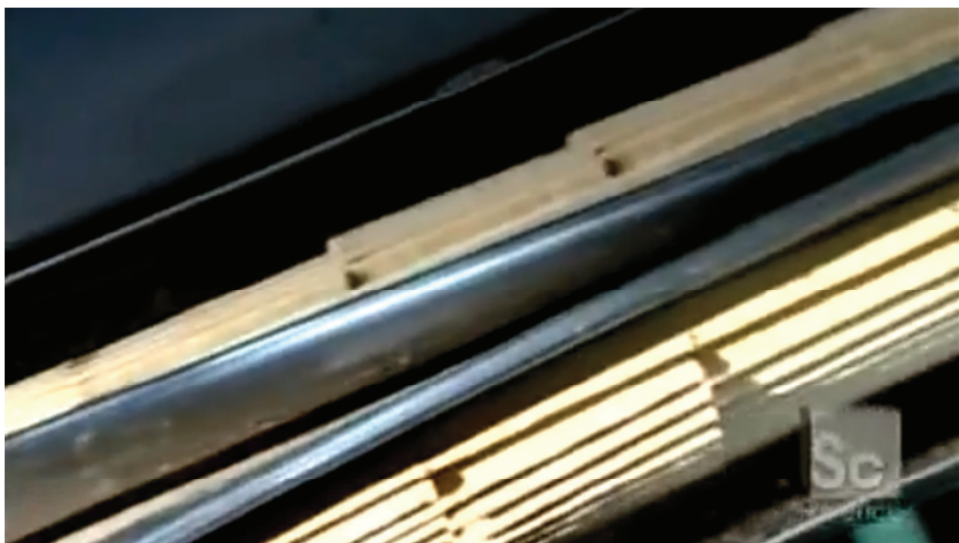
Obr. 29: Papírový pásek nařezán a naveden mezi vodící lišty [6]



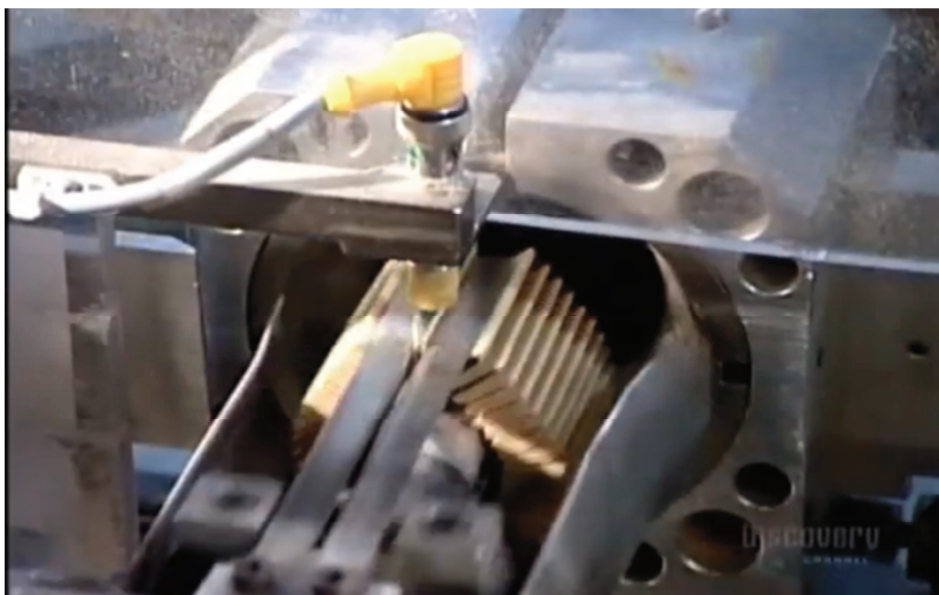
Obr. 30: Konce filtrační vložky jsou postupně přivírány k sobě [6]

Jakmile dojde k přiblížení obou konců stáčeného papírového pásu, je mezi plochy konců pásu nanесeno lepidlo (obr. 32) dávkovací hubicí a konce pásu jsou k sobě přitlačeny a slepeny. Tím je celá operace ukončena a filtrační vložka je připravena k další montáži.

Tento způsob výroby filtračních vložek je možné použít u vložek z papíru. Papír má totiž dostatečnou pevnost a schopnost zachovat požadovaný tvar, a proto je možné s ním takto manipulovat. S textilním páskem není možné tímto způsobem pracovat z důvodu jeho nedostatečné pevnosti a tvarové stability.



Obr. 31: Konce filtrační vložky jsou téměř u sebe [6]



Obr. 32: Nanášení lepidla mezi konce pásu [6]

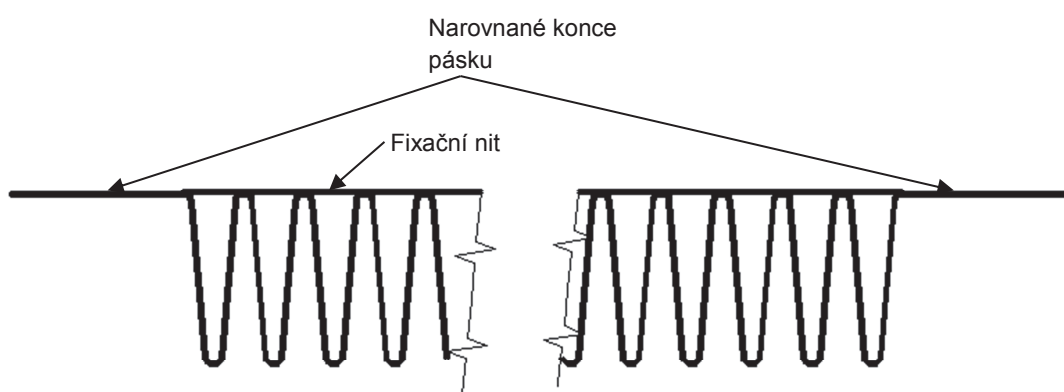
5 Návrhy metod na lepení kruhových filtrů z textilního pásu

V této kapitole jsou popsány vybrané návrhy řešení, které by bylo možné použít při lepení kruhových filtrů z textilního pásu. Návrh zařízení vychází z několika požadavků, které je nutné dodržet:

- slepená kruhová filtrační vložka musí mít požadované rozměry, které jsou popsány v kapitole 3,
- konce filtrační vložky musí být spojeny tak, aby nebyla snížena účinnost filtru nedokonalým spojením,
- spoj musí spolehlivě držet a použité lepidlo nesmí po slepení uvolňovat žádné pro zdraví člověka škodlivé látky,
- spojení konců pásu musí být dostatečně přesné tak, aby výsledný tvar filtrační vložky odpovídal zadání.

5.1 Lepení kruhových filtračních vložek pomocí „skládačky“

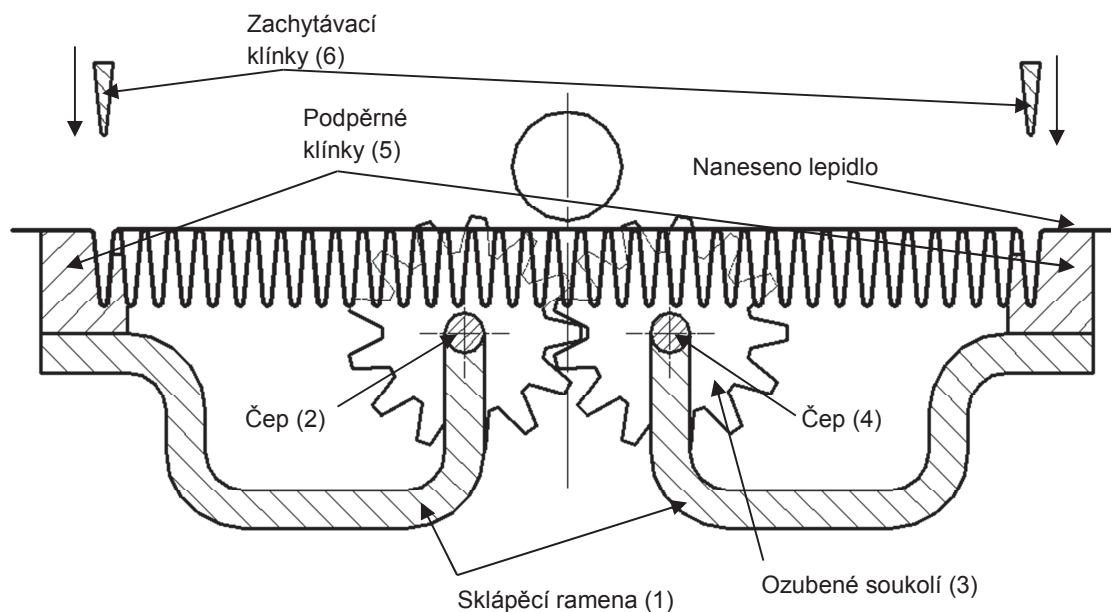
Tento způsob lepení filtračních vložek je založen na principu, kdy jsou dvě otočná ramena ve výchozí poloze v rovině a po založení lepené filtrační vložky (obr. 33) se ramena otočí proti sobě o 90° a tím přitlačí a slepí k sobě konce pásů filtrační vložky.



Obr. 33: Vkládaný textilní pásek do zařízení

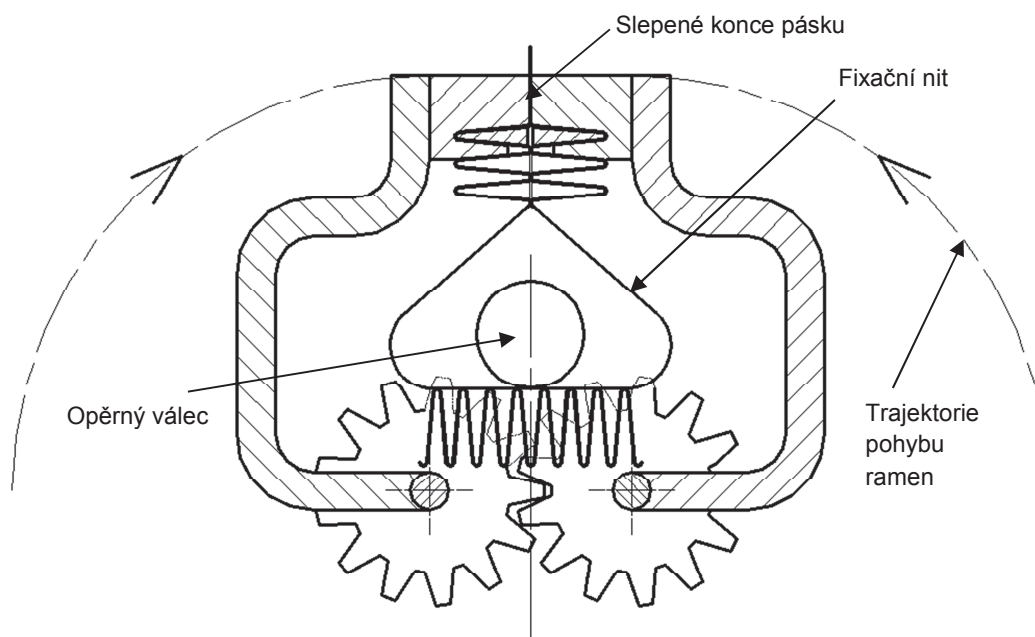
Na otočných ramenech (1) na obrázku 34 jsou přivařeny čepy, které jsou po stranách „sklápačky“ uloženy v kluzných pouzdrech. Čep (2) je poháněn elektromotorem a díky ozubenému soukolí (3) s převodovým poměrem 1:1 je druhý čep (4) otáčen stejnou rychlostí a opačným smyslem než první. Díky tomu může být pohybováno rameno „sklápačky“ k sobě a od sebe. Na koncích otočných ramen jsou

podpěrné (5) a zachytávací (6) klínky. Ustřižená délka skládaného pásu je založena na podpěrné klínky a na nich zachycena klínky zachytávacími, aby při pohybu ramen pásek z podpěrných klínků nespádl.



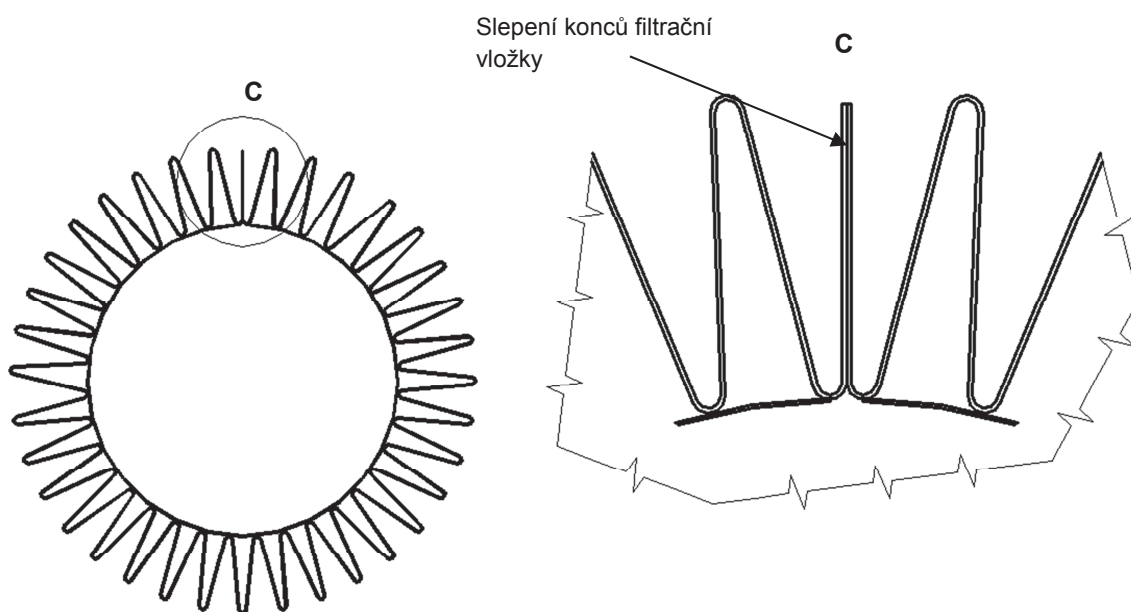
Obr. 34: Schéma lepení filtrační vložky pomocí sklápěcích ramen

Po založení pásu a zajištění zachytávacích klínků do krajních skladů je naneseno na narovnaný konec skládaného pásu lepidlo. Dále je spuštěn pohon, který otočí ramena „sklápěčky“ o 90° a tím se konce pásu přimáčknou a slepí k sobě (obr. 35).



Obr. 35: Otočení sklápěcích ramen proti sobě o 90°

Zachytávací klínky musí být po domáčknutí a slepení konců filtrační vložky vytaženy z klínovité mezery ve směru kolmém k rovině náčrtu. Dále je zpětným pohybem sklápěcích ramen slepená filtrační vložka uvolněna a stažena z opěrného válce uprostřed sklápěcího zařízení (obr. 35). Konce filtrační vložky jsou slepeny, jak je uvedeno na obrázku 36.

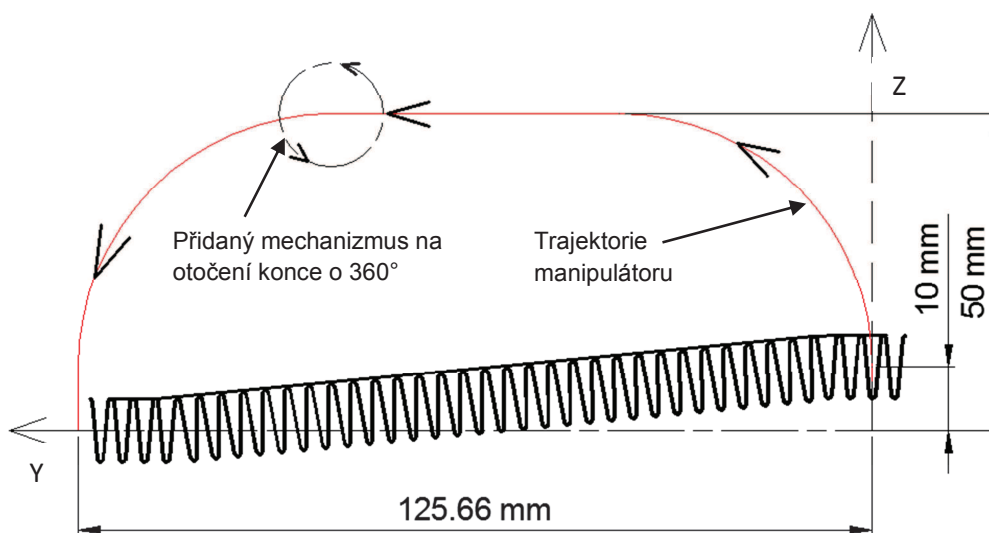


Obr. 36: Slepené konce filtrační vložky

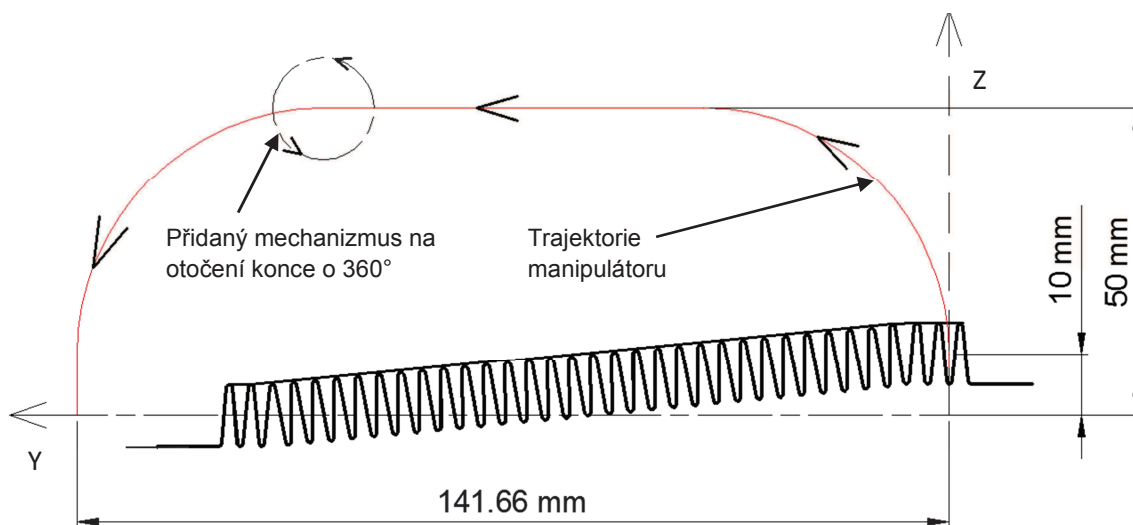
Provedení tohoto návrhu se zdá vhodné s ohledem na jeho jednoduchost. Nevýhodou je, že konce pásu jsou spojeny lepidlem pouze v jedné ploše. Tato skutečnost nezaručuje 100% spolehlivé spojení konců pásu. Dále nastává problém s vysunutím zachytávacích klínků z klínovité mezery, kde jsou sevřeny slepené konce filtrační vložky.

5.2 Návrhy možných řešení lepení kruhových filtrů z textilního pásu pomocí manipulátoru „Pick and place“

Pro návrhy možných mechanismů lepení kruhových filtrů z textilního pásu pomocí manipulátoru byly v předchozí části práce popsány dva způsoby řešení. Návrh lepení „klínek do klínu“ a lepení pomocí narylovaného lepicího štítku. Oba způsoby vycházejí z pohybu již dříve popsaného manipulátoru „Pick and place“, který se zachyceným pohyblivým koncem skládaného pásu vykoná dráhu po své přesně definované trajektorii. Pro výrobu filtrační vložky požadovaných rozměrů, které byly specifikovány v kapitole 3, je u návrhu lepení „klínek do klínu“ nutná jiná trajektorie manipulátoru než u návrhu lepení pomocí narylovaného lepicího štítku. Potřebné trajektorie pro obě varianty jsou uvedeny na obrázcích 37 a 38.



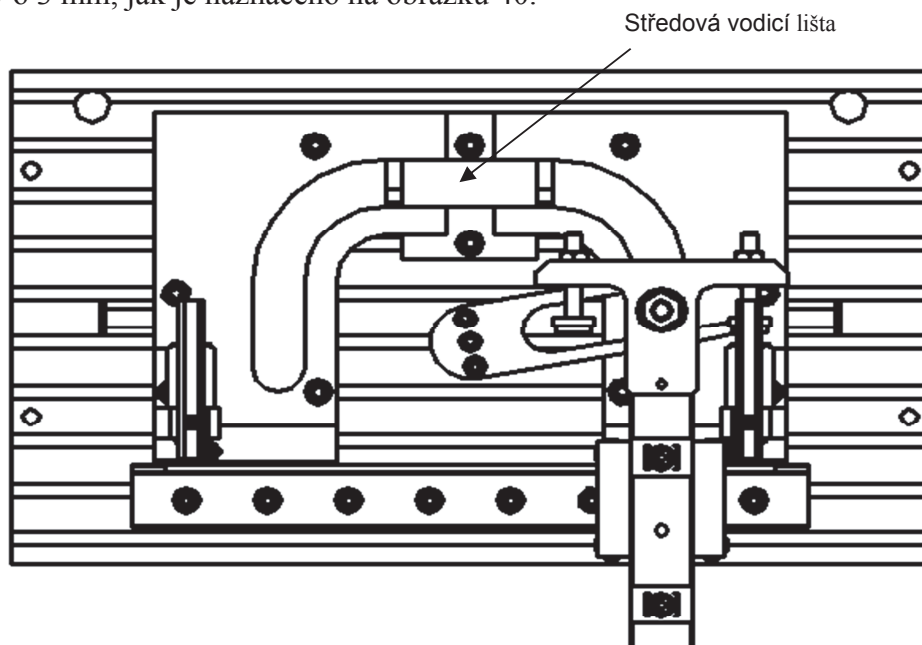
Obr. 37: Schéma trajektorie pro návrh „klínek do klínu“



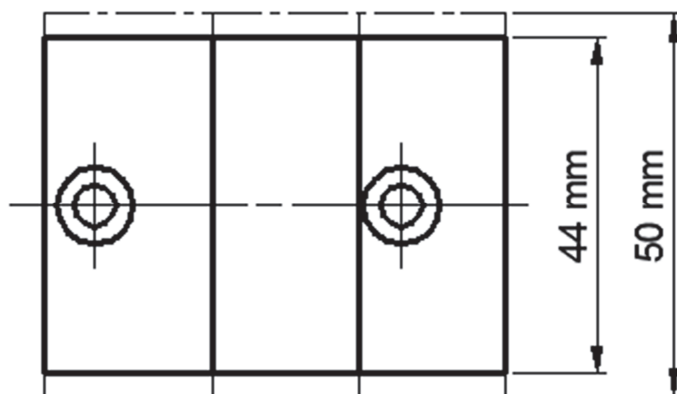
Obr. 38: Schéma trajektorie pro návrh lepení pomocí lepicího štítku

U obou způsobů je potřeba vzdálenost v ose Y nastavit tak, aby po zdvihu manipulátoru o 10 mm v ose Z byla vzdálenost mezi zachyceným začátkem a koncem pásku rovna jeho ustrížené délce. Pak bude zajištěno, že nebude docházet při zvednutí začátku pásku o 10 mm k utržení fixačních nití ze špiček skladů. Dalším pohybem po trajektorii manipulátoru se vzdálenost mezi konci zachyceného pásku zkracuje a nehrozí uvedený problém.

Na základě potřebné trajektorie pohybu byl z tabulky 17 v kapitole 4.3 vybrán vhodný manipulátor HSP 25 (obr. 39) se zdvihem v ose Y 130 – 170 mm. Pro návrh lepení „klínek do klínu“, kde je zapotřebí zdvih v ose Y 125,66 mm, musí být upravena středová vodicí lišta manipulátoru. Úprava spočívá ve sférování boků vodicí lišty o 3 mm, jak je naznačeno na obrázku 40.



Obr. 39: Manipulátor HSP 25 [1]

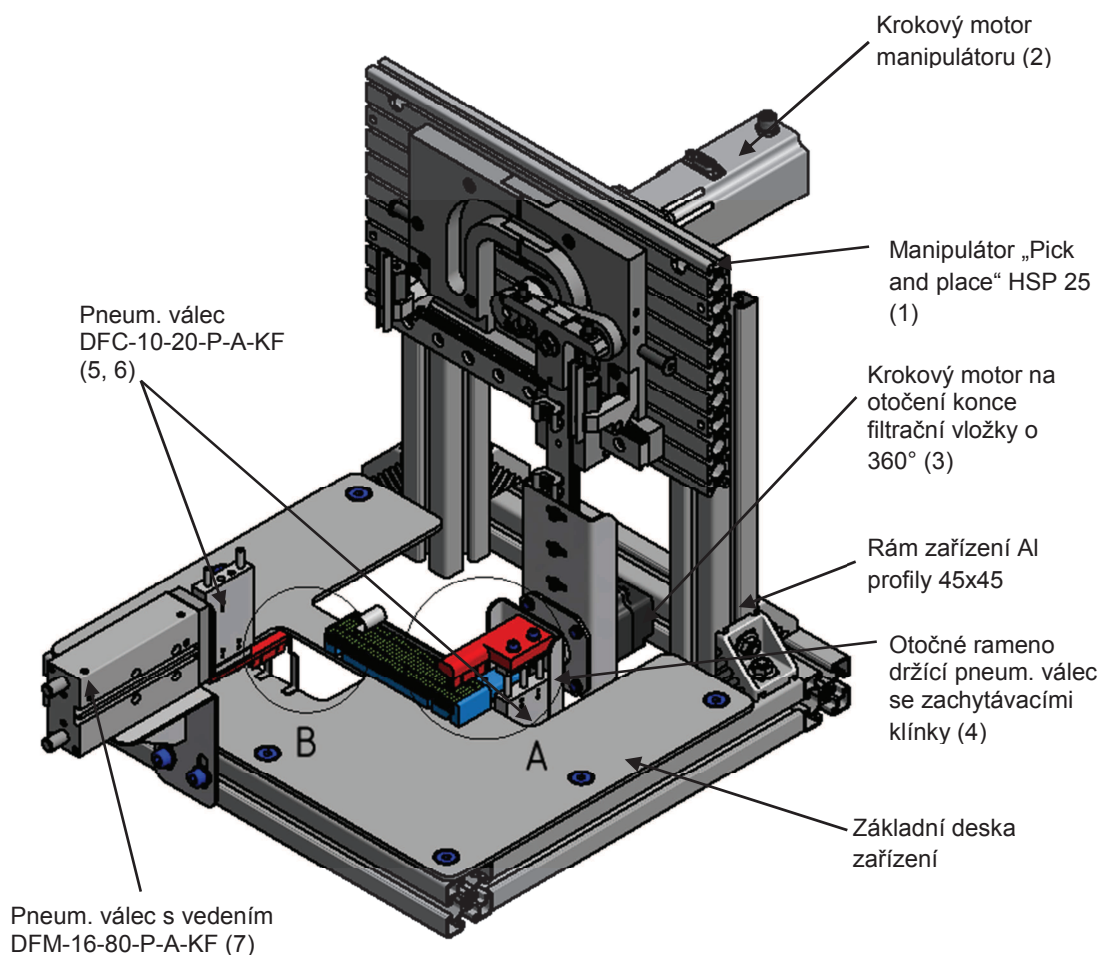


Obr. 40: Středová vodicí lišta manipulátoru HSP 25 [1]

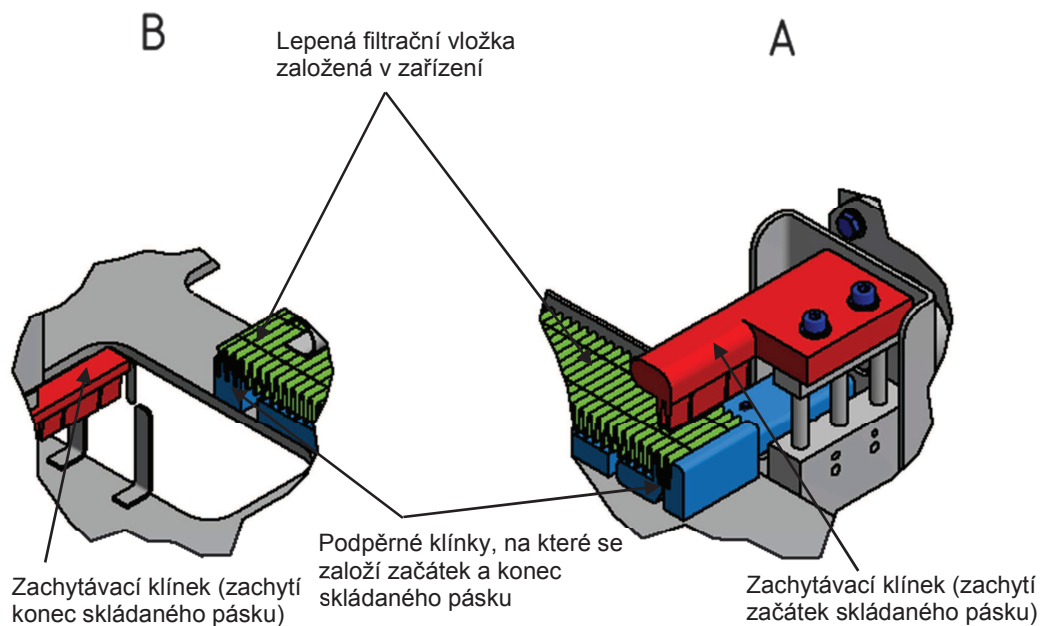
5.2.1 Podrobný popis varianty lepení „klínek do klínku“

Tato varianta vychází z toho, že přesně ustřižená délka skládaného textilního pásu bude založena do zařízení tak, aby konec a začátek pásu byl vložen přesně do klínovitých drážek zařízení. Pomocí systému klínků, které mají tvar klínovitých skladů textilního pásu, bude přesně zachycen konec i začátek lepené filtrační vložky.

Zařízení (obr. 41) se skládá z manipulátoru (1), který je poháněn krokovým motorem (2). Manipulátor na svém rameni nese další krokový motor (3), jenž otáčí ramenem (4), na kterém je připevněn pneumatický válec (5), ten při zasunutí zachytí začátek pásu mezi klínky. Dále jsou mimo manipulátor dva pneumatické válce (6, 7), pomocí nichž je zachycen konec pásu klínky.



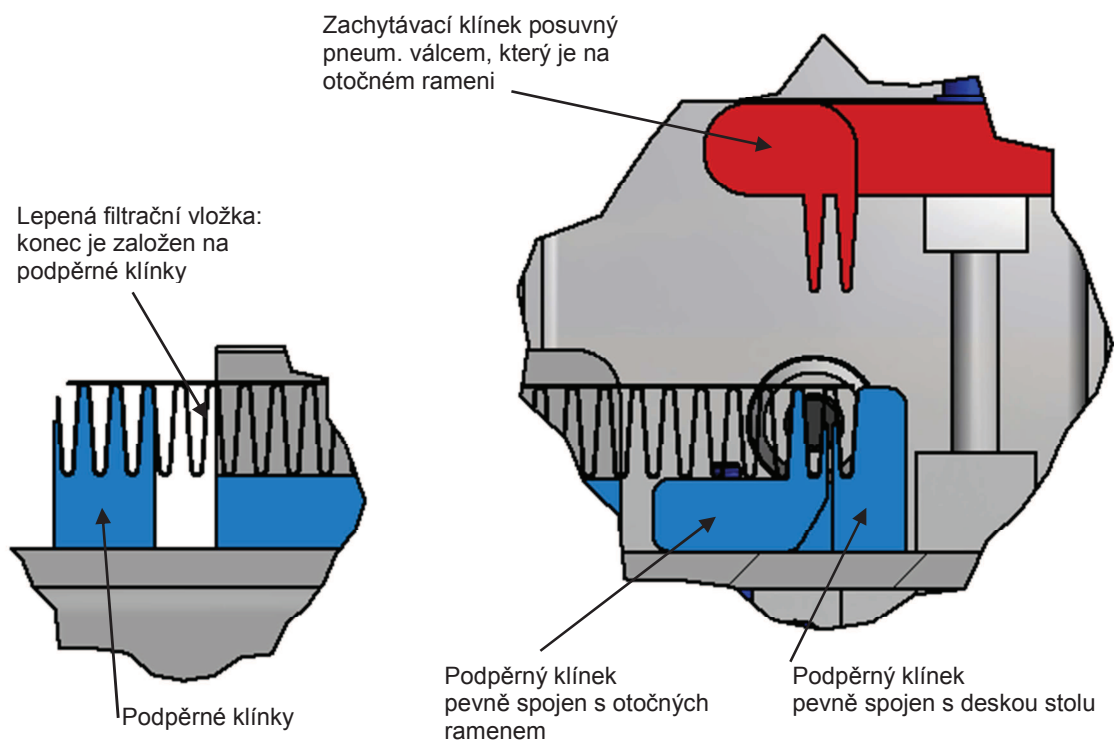
Obr. 41: Model zařízení na lepení filtrační vložky



Obr. 42: Detail začátku a konce skládaného pásu

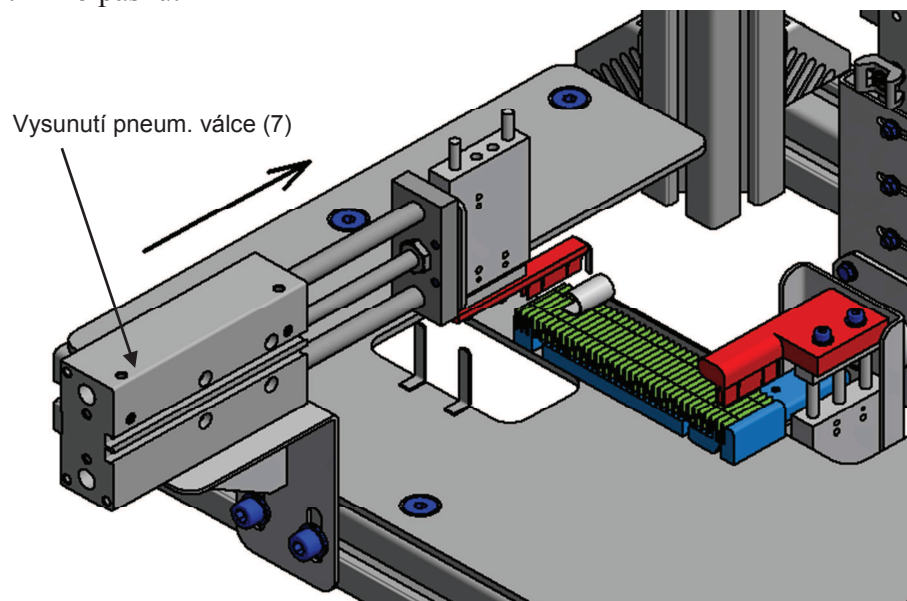
Samotný cyklus lepení se skládá z následujících deseti operací.

- 1) Prvním krokem je založení skládaného pásu na podpěrnou desku, která má na začátku a konci výstupky ve tvaru klínků, do nichž je skládaný pásek vložen. Před založením do zařízení je skládaný pásek ustřižen v požadované délce, která odpovídá výslednému průměru slepené a stočené filtrační vložky.



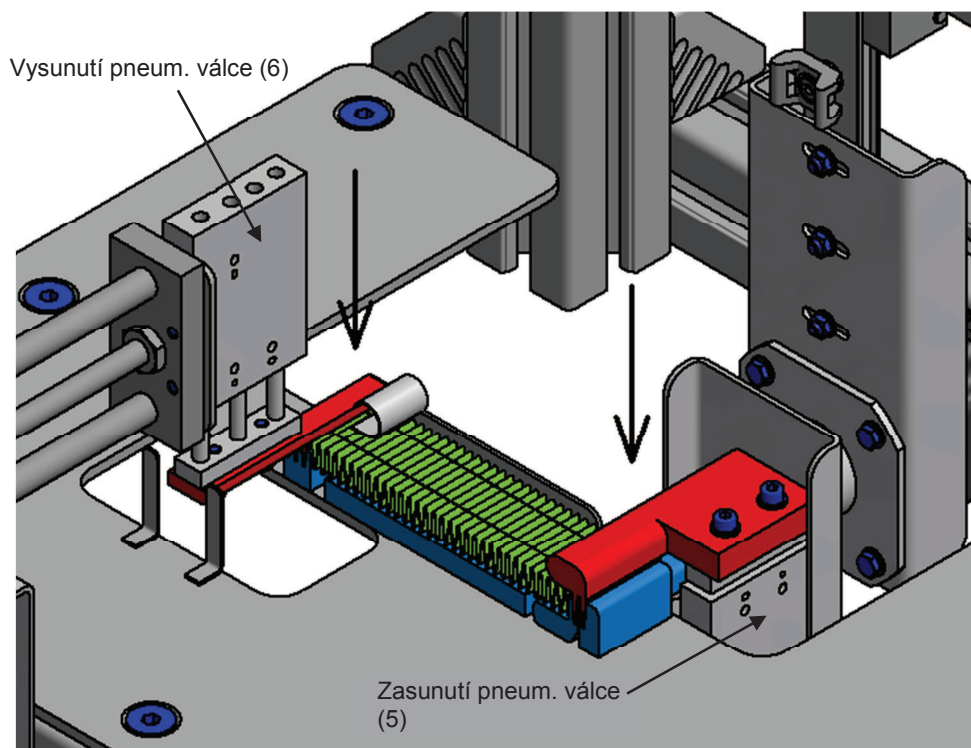
Obr. 43: Detail vloženého skládaného pásu

- 2) Po správném založení skládaného pásu je vysunut pneumatický válec (7) na obrázku 44 a tím je zařízení připraveno na zachycení začátku a konce skládaného textilního pásu.



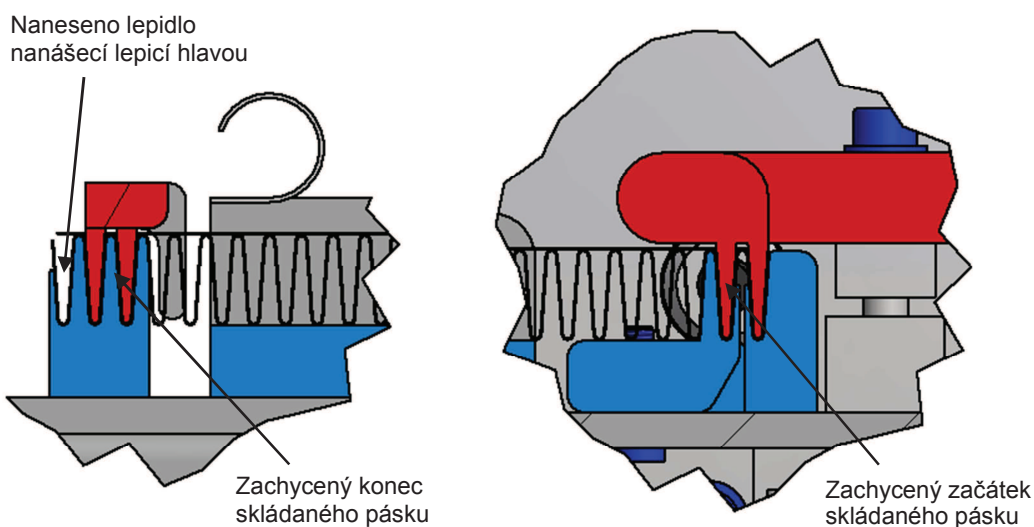
Obr. 44: Vysunutí pneumatických válců (7)

- 3) Zasunutím pneumatického válce (5) a vysunutím pneumatického válce (6) sjedou zachytávací klínky (obr. 45) a tím je konec i začátek skládaného pásu pevně zachycen. Zařízení musí být seřízeno tak, aby zachytávací klínky do klínovité mezery pouze lehce dosedly a přichytily oba konce pásu.



Obr. 45: Pohyb pneumatických válců (5) a (6)

- 4) Po zachycení konce a začátku skládaného pásu je do posledního ohybu pásu nanесeno lepidlo (obr. 46). A to pomocí nanášecí lepicí hlavy (obr. 47 a 48), která plynule nanese potřebné množství lepidla na plochy klínovité drážky skládaného pásu v celé jeho šíři. Nanášecí lepicí hlava provede nanесení lepidla v požadované míře a pomocí systému pneumatických válců, na kterých je připevněna, se odsune mimo prostor lepení. Pásek je v tuto chvíli na obou koncích sevřen pomocí klínek, které mají tvar klínovité mezery skládaného pásu, a připraven k slepení.



Obr. 46: Detail zachycení začátku a konce skládaného pásu

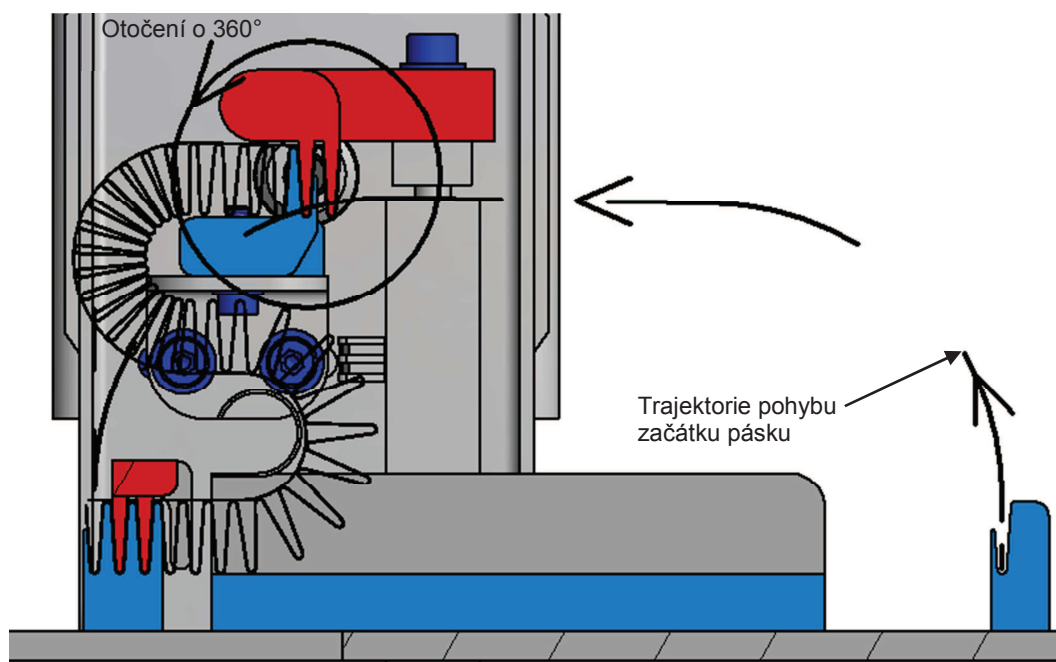


Obr. 47: Nanášecí lepicí hlava [8]



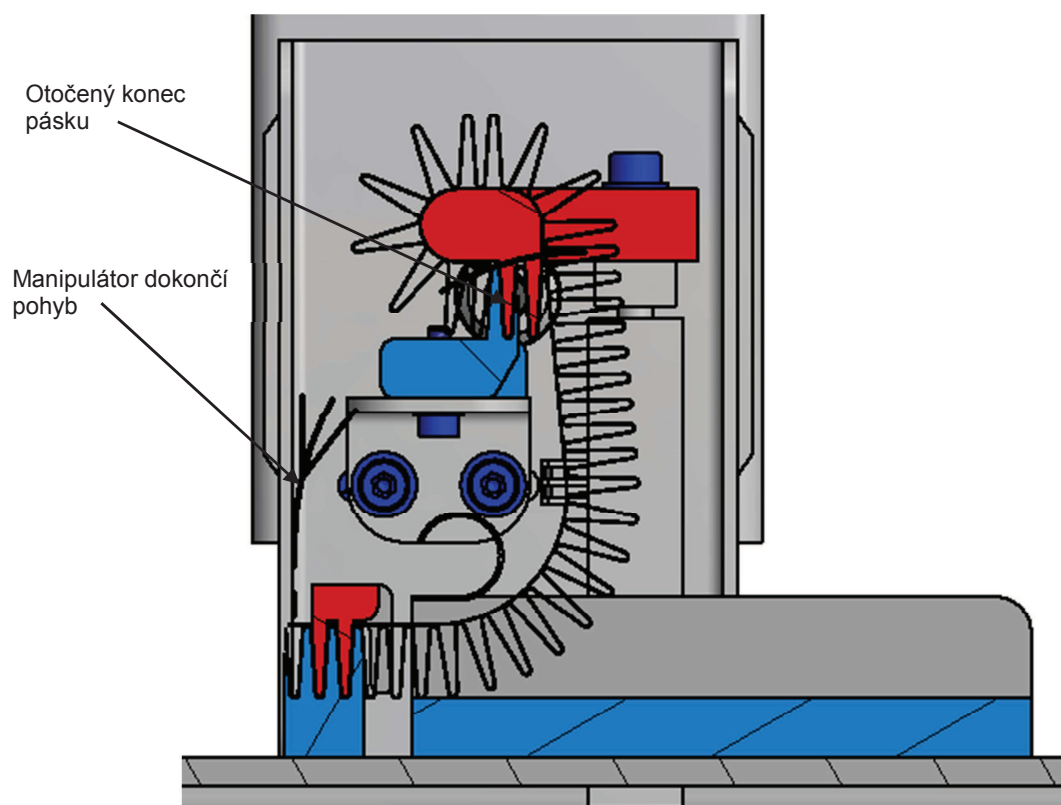
Obr. 48: Ukázka nanесení lepidla pomocí nanášecí lepicí hlavy [8]

- 5) Dále je konec skládaného pásu stále držen na místě a začátek skládaného pásu je veden po trajektorii manipulátoru mezi sevřenými klínky (obr. 49).

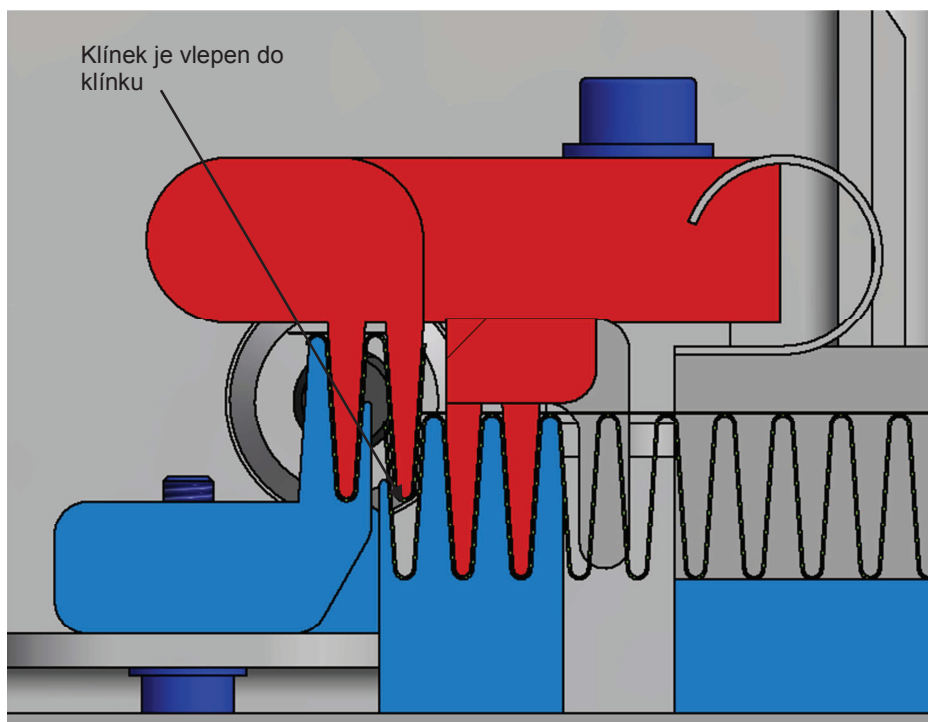


Obr. 49: Pohyb začátku pásu po trajektorii

- 6) V místě, kdy při pohybu manipulátoru bude pásek dostatečně navolněn, je jedním koncem skládaného pásu otočeno o 360° (obr. 50).
- 7) Manipulátor dokončí cyklus a první klínek je pohyblivým zachytávacím klínkem domáčknut a vlepen do posledního (obr. 51).

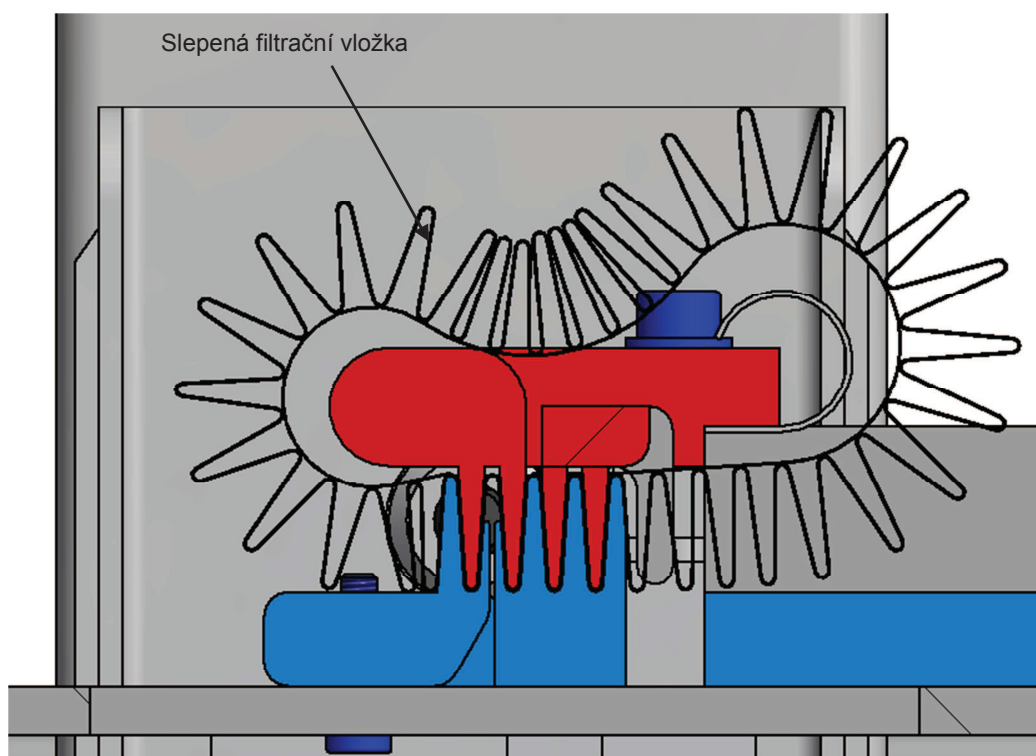


Obr. 50: Pohyb začátku pásu po trajektorii

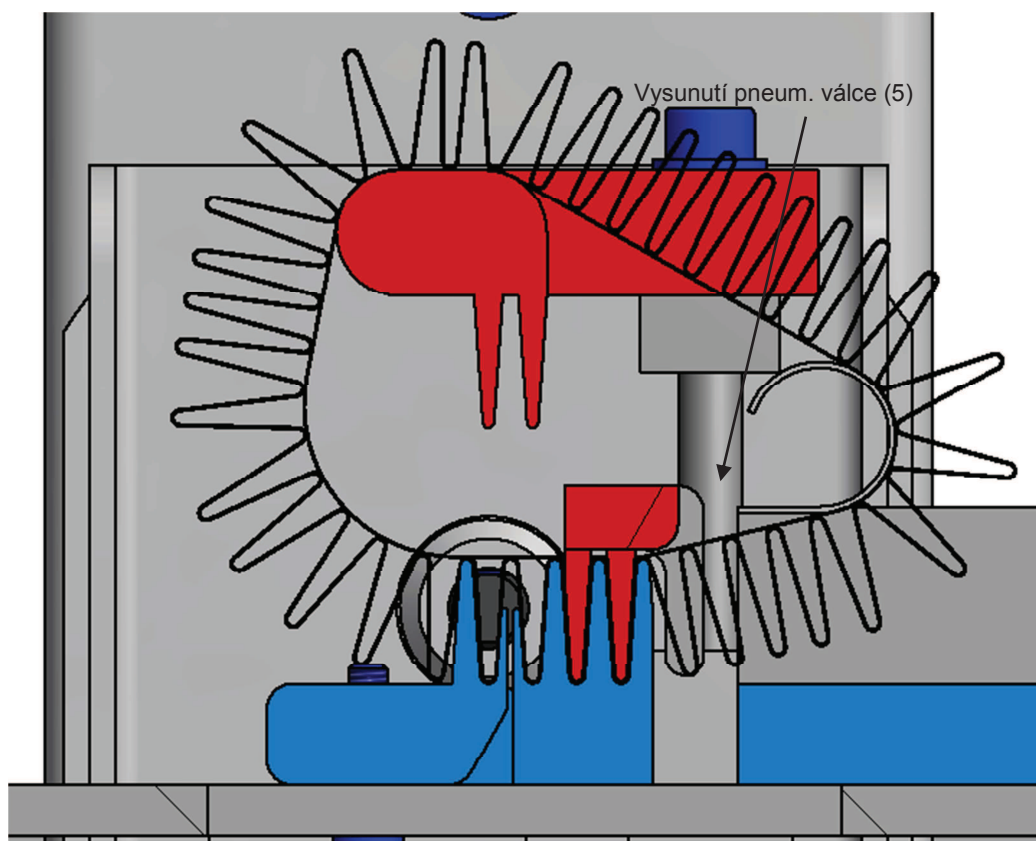


Obr. 51: Detail vlepení prvního skladu do posledního („klínek do klínu“)

- 8) Po založení a slepení konců filtrační vložky (obr. 52) je pásek uvolněn dvojicí pohyblivých klínků vysunutím pneumatického válce (6) na obrázku 53. Slepenou filtrační vložku je pak možné z podpěrných klínků stáhnout.

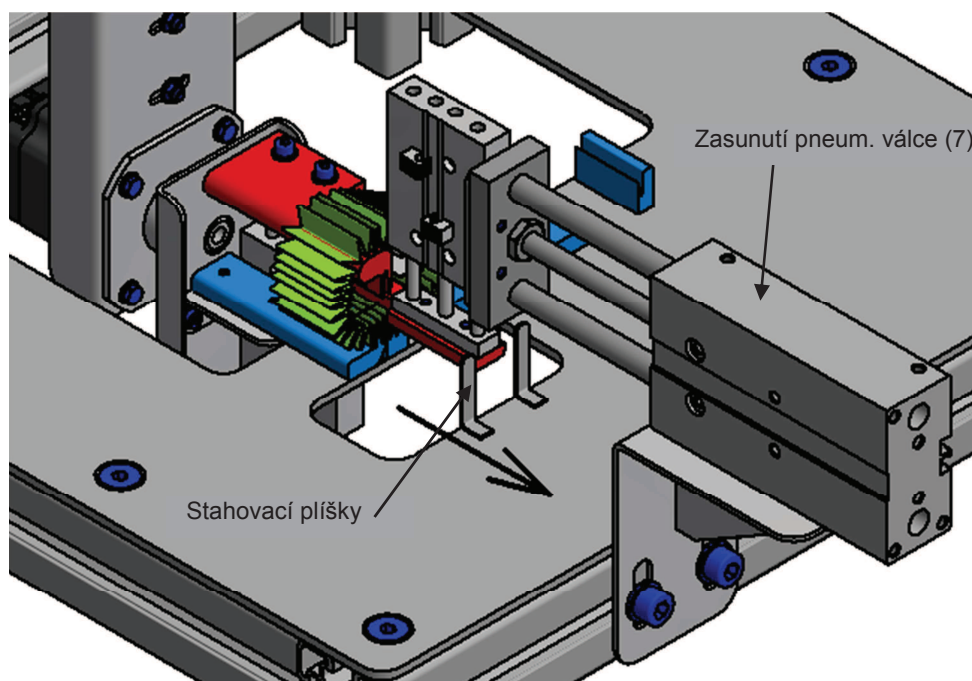


Obr. 52: Filtrační vložka po slepení

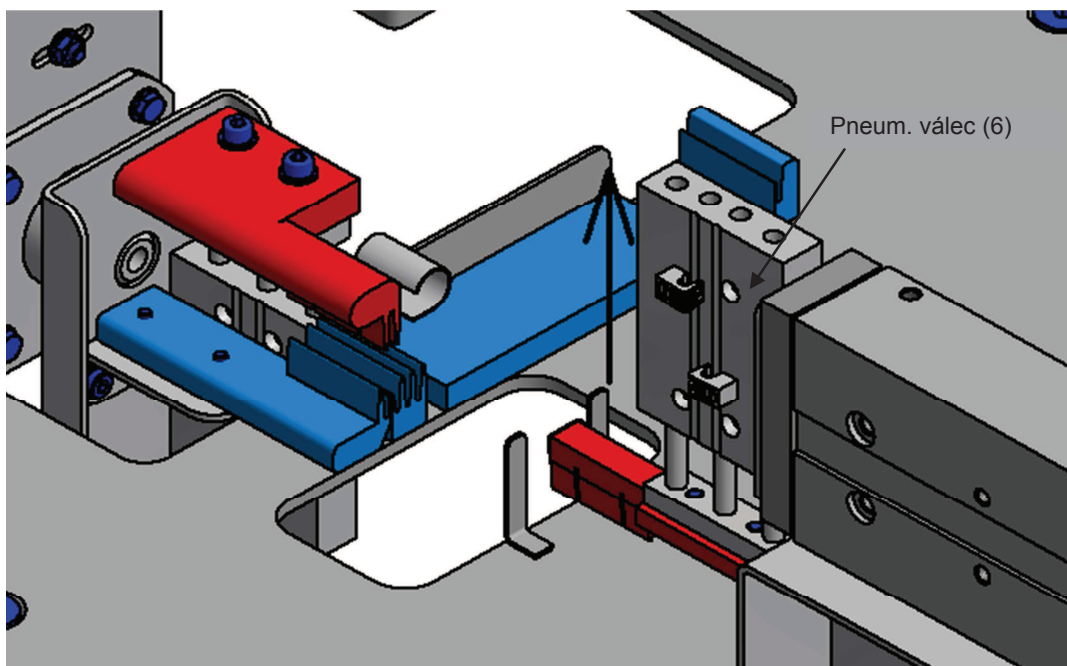


Obr. 53: Uvolnění slepené filtrační vložky

- 9) Filtrační vložka je uvolněná a díky pohybu pneumatického válce (7) na obrázku 54 je zachytávacím klínkem stažena z podpěrných klínků. Slepěná filtrační vložka se zavěsí na zachytávací klínek a díky dvojici stahovacích plíšků na základní desce je stažena ze zachytávacího klínku a propadne otvorem v desce stolu.



Obr. 54: Stažení filtrační vložky z podpěrných klínků



Obr. 55: Zasunutí pneumatického válce (6)

- 10) Po zasunutí pneumatického válce (6) na obrázku 55 a návratu manipulátoru do výchozí polohy je zařízení připraveno na založení dalšího skládaného pásku a zahájení dalšího cyklu. Při pohybu manipulátoru zpět do výchozí polohy je také nutné otočit ramenem o 360° proti smyslu jeho původní rotace, aby se přívod vzduchu k pneumatickému válci nenamotával na otočné rameno.

Tato varianta je výhodná, jelikož po celý proces lepení je konec i začátek skládaného pásku spolehlivě držen mezi klínky. To je z hlediska vlastností skládaného pásku, který je měkký a tvarově nestabilní, důležité. Díky vysoké přesnosti jednotlivých mechanismů (manipulátor, pneumatické válce s kuličkovým vedením, krokové motory) je po seřízení celého zařízení zaručeno, že začátek skládaného pásku bude přenesen a vlepen přesně do posledního skladu a tím bude vytvořena kruhová filtrační vložka s pravidelnými sklady na jejím obvodu. Díky překrytí konců pásku po slepení (klínek je vlepen do klínku) je splněn požadavek, že v místě spojení pásku nemůže dojít k proniknutí nežádoucích částic. Lepidlo nanášené do klínovité mezery musí být dávkováno v přesném optimálním množství, které by zaručilo spolehlivé spojení konců filtrační vložky. Při tomto způsobu je lepena podkladová s krycí vrstvou pásku. Vzhledem k tomu, že krycí vrstva na pásku filtrační vložky nedostatečně drží, je zapotřebí, aby lepidlo prošlo všemi vrstvami pásku. Tím bude zaručeno spolehlivé spojení konců filtrační vložky.

Použité lepidlo musí spolehlivě slepit konce filtrační vložky, nesmí být zdravotně závadné a při jeho nanášení do posledního skladu textilního pásku nesmí docházet k jeho ulpívání v klínovité mezeře zachytávacího klínku nebo k přilepení filtrační vložky na povrch zachytávacího klínku. Těmto požadavkům by mohlo vyhovovat vteřinové lepidlo, vyrobené tzv. neomerovou technologií od firmy Cyberbond CS. To obsahuje látku regulující vsakování lepidla. Díky tomu je možné při vhodném dávkování lepidla zamezit jeho prosáknutí až na povrch klínků a zároveň by došlo při domáčknutí prvního skladu do posledního (viz obr. 51) k požadovanému slepení všech vrstev pásku. Uvedené lepidlo a jemu podobná musejí být nejprve pro tuto aplikaci vyzkoušena a na základě vyhovujících výsledků by tento návrh byl možný.

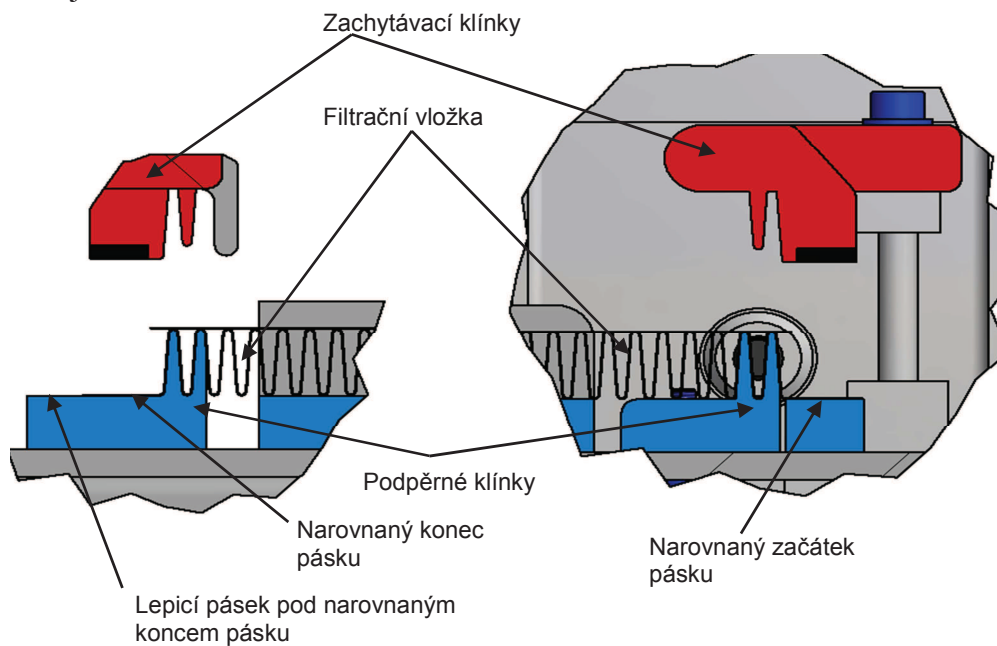
Potenciálně vhodná lepidla nebyla pro tuto aplikaci vyzkoušena z důvodu zjištění vysoké ceny nanášecí lepicí hlavy, která by lepidlo do ohybu skládaného pásku nanášela. Z těchto důvodů byl způsob slepení filtrační vložky klínků do klínku pomocí lepidla opuštěn i přesto, že tento způsob zajišťoval spolehlivé překrytí konců filtrační vložky a tím i nemožnost proniknutí nežádoucích částic spojem. Přešlo se tedy k variantě slepení filtrační vložky pomocí lepicího štítku.

5.2.2 Podrobný popis varianty lepení pomocí narylovaného lepicího štítku

Tato varianta výroby filtračních vložek z textilního pásku vychází z varianty předešlé. Je použit stejný systém, došlo pouze k úpravě tvaru zachytávacích klínků a délky trajektorie manipulátoru v ose Y. Nanášení lepidla do posledního ohybu filtrační vložky bylo nahrazeno podlepením jednostranného lepicího štítku pod narovnané konce skládaného pásku, který je uprostřed narylovaný. Ten narovnané konce filtrační vložky slepí a následně se ručně ohne do tvaru klínku. Pro svou jednoduchost a odpadnutí následné poměrně složité operace odstříhávání přebytečné pásky byl automatický systém vkládání lepicího pásku na podpěrnou desku nahrazen ručním založením lepicího pásku přesně v šíři filtrační vložky.

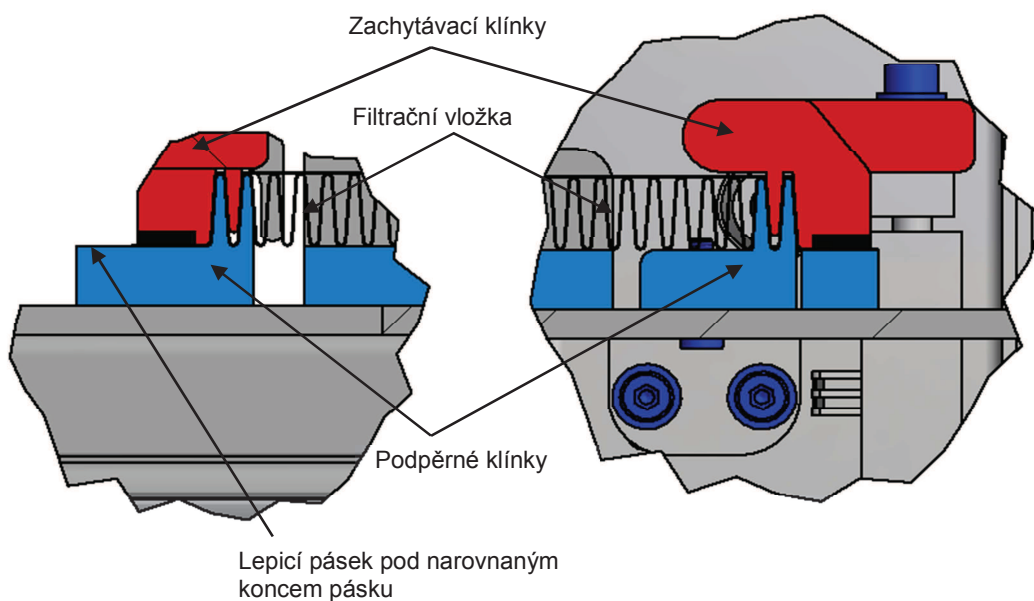
Zařízení se skládá ze stejných součástí a celý cyklus výroby je stejný až na krok, kdy je nanášeno lepidlo do posledního klínku. Aby byl dodržen požadavek, že na obvodu filtrační vložky je 36 ohybů, musí být vložený pásek do zařízení ustřižen kratší, než je tomu v předešlém případě, a to o jednu rozteč skladu.

Samotný cyklus výroby začíná ručním vložením lepicí pásky na podložku a vložení skládané filtrační vložky (obr. 56), kde oba konce filtrační vložky musí být narovnaný, aby je mohly zachytávací klínky sevřít. Lepicí pásek je vložen tak, aby jedna polovina délky pásku byla vlepena pod narovnaným koncem pásku a druhá polovina pod narovnaným začátkem pásku, který po trajektorii manipulátoru na místo slepení dojde.



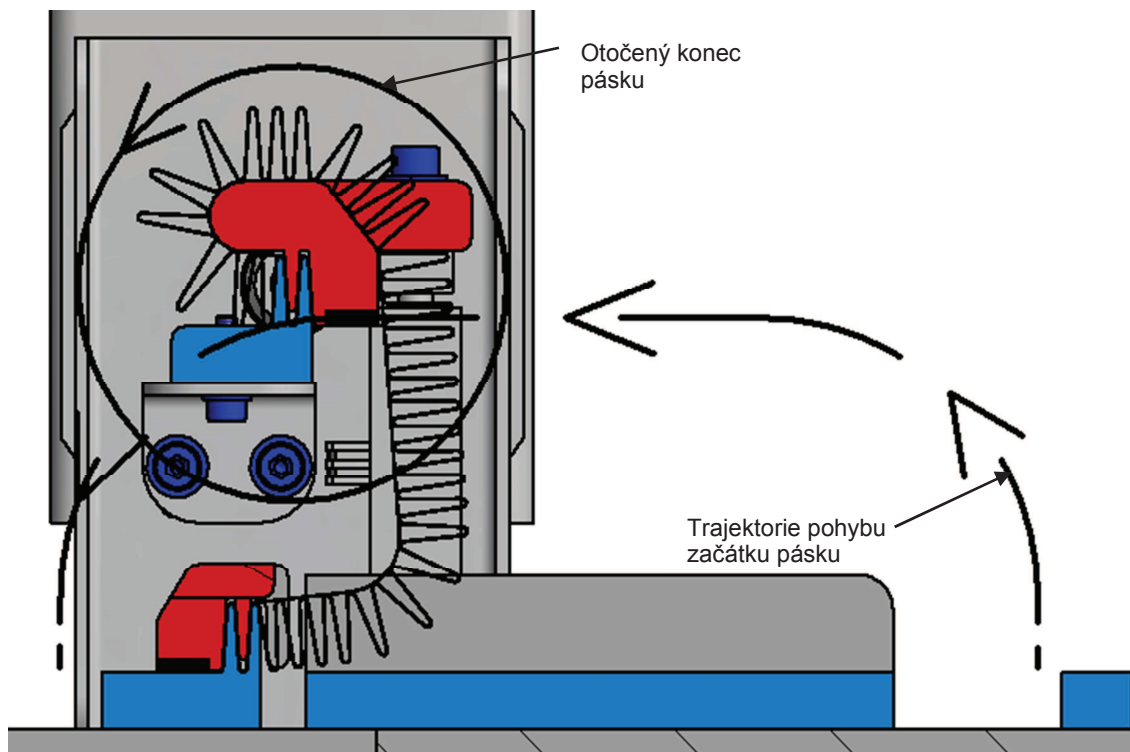
Obr. 56: Vložení skládaného pásku na podpěrné klínky

Dalším krokem cyklu zařízení je zachycení konce a začátku pásku (obr. 57). Konec bude držen na místě a začátek bude veden po dráze manipulátoru.



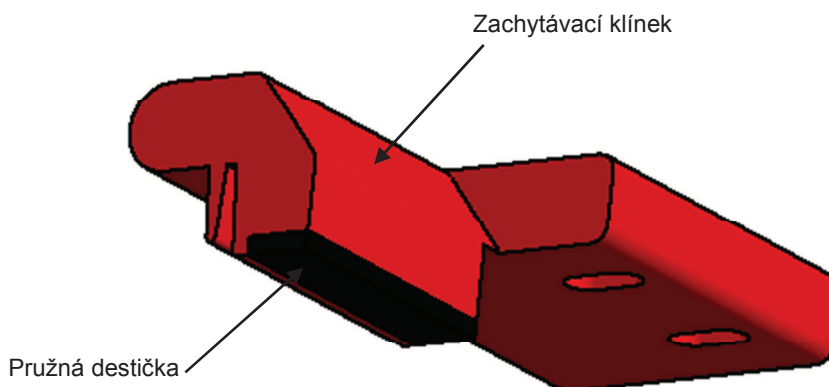
Obr. 57: Detail zachyceného začátku a konce pásku

Dále je spuštěn pohyb manipulátoru a v místě, kde je pásek dostatečně volný, je zachyceným začátkem pásu otočeno o 360° (obr. 58).

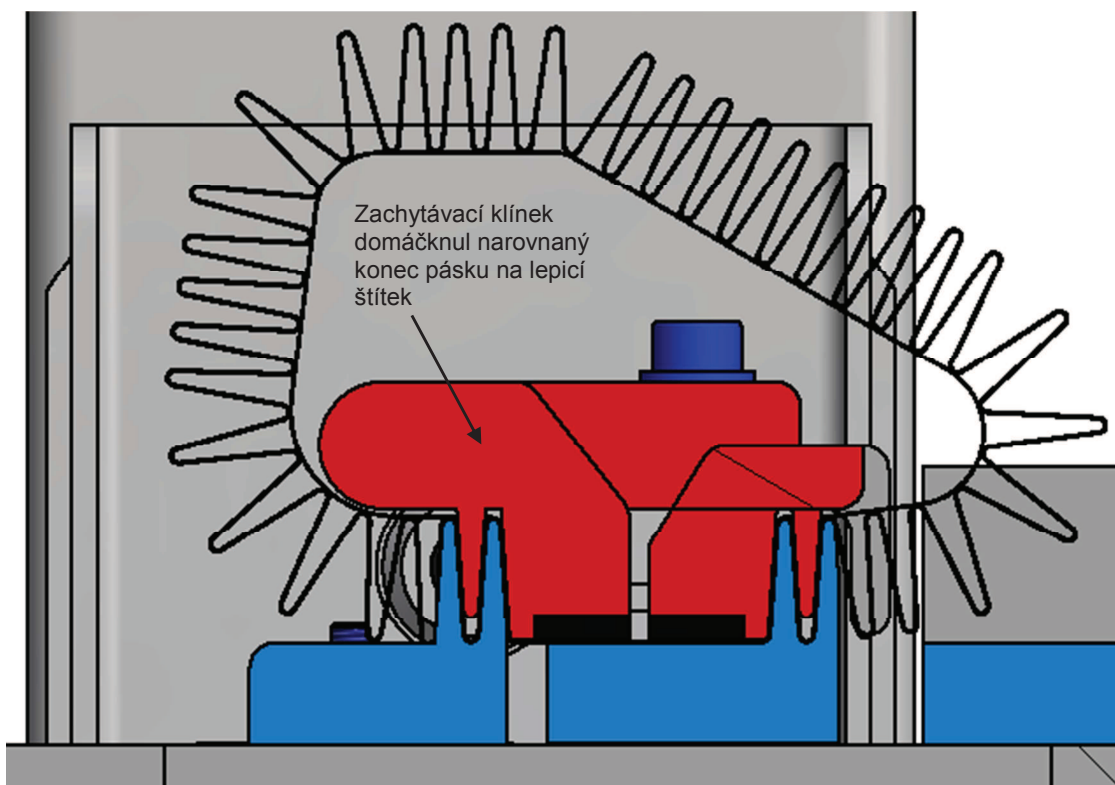


Obr. 58: Lepená filtrační vložka po otočení pohyblivých klínků

Dalším pohybem manipulátoru je narovnaný začátek pásu přitlačen a přilepen na druhou polovinu lepicí pásky (obr. 60). Na ploše klínku, která narovnaný začátek pásu přimáčkne na lepicí štítek, je pružná dvoumilimetrová destička. Ta zajišťuje pružné přimáčknutí začátku filtrační vložky na lepicí pásek (obr. 59).

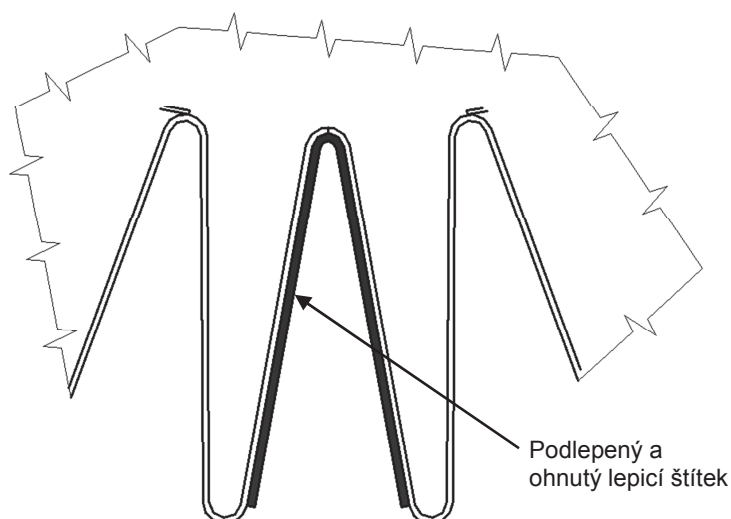


Obr. 59: Detail zachytávacího klínku



Obr. 60: Přimáčknutí začátku skládaného pásu na lepicí štítek

Dále je filtrační vložka uvolněna zachytávacími klínky a stejným pohybem jako byl popsán v předchozí variantě, je pásek stažen z podpěrných klínků. V místě slepení filtrační vložky je pásek rovný a díky narylovanému lepicímu štítku se rovná část ručně ohne a tím vytvoří požadovaný tvar filtrační vložky (obr. 61).



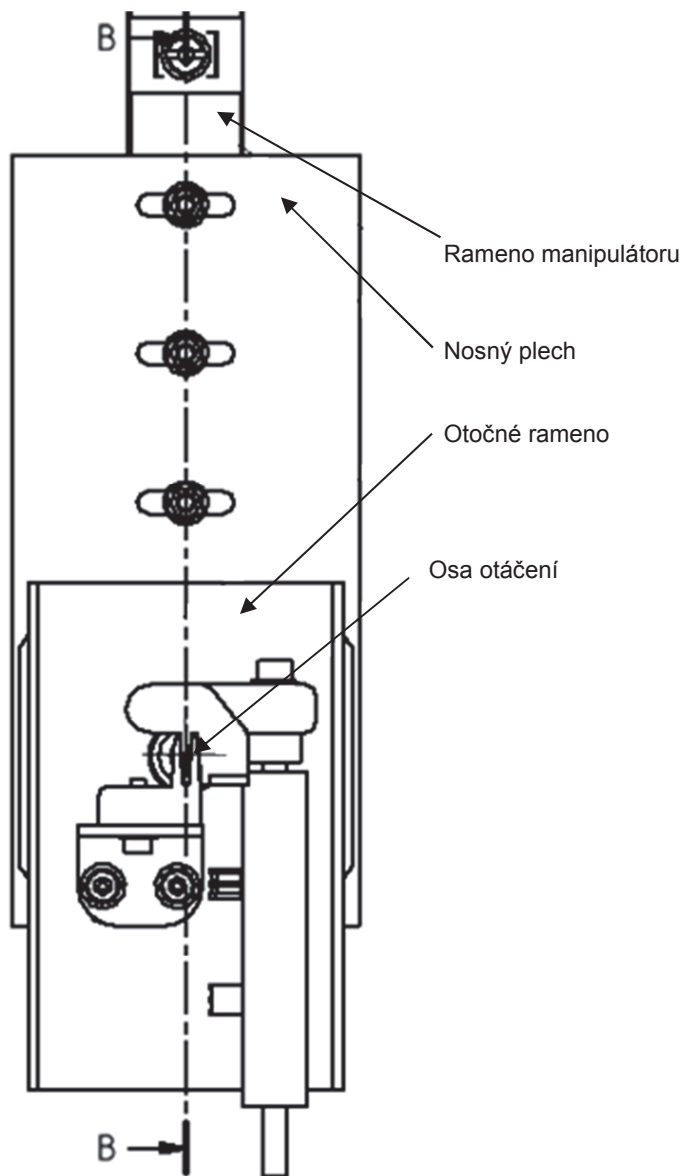
Obr. 61: Slepění filtrační vložky pomocí lepicího štítku

6 Kontrolní výpočty mechanismu

Kontrolní výpočty jsou provedeny na vybrané součásti zařízení a jsou provedeny za pomoci metody konečných prvků v programu Inventor 2013.

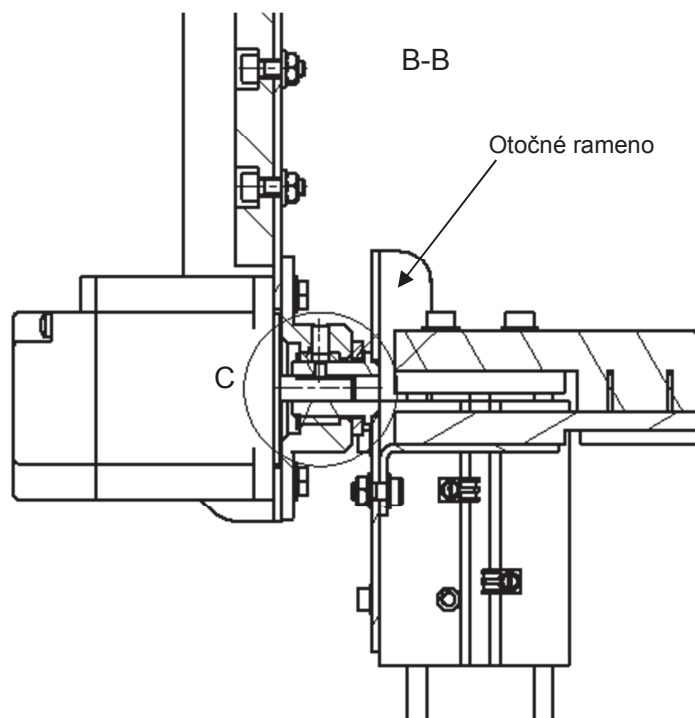
6.1 Kontrolní výpočet uložení otočného ramena

Čep otočného ramena je uložen ve vnitřním průměru kluzného ložiska, které je vlisováno v přírubě. Příruba je šrouby spojena přes nosný plech s pohonem. Nosný plech je šrouby připevněn k rameni manipulátoru a drží tak krokový motor, otočné rameno, pneumatický válec a zachytávací klínky.

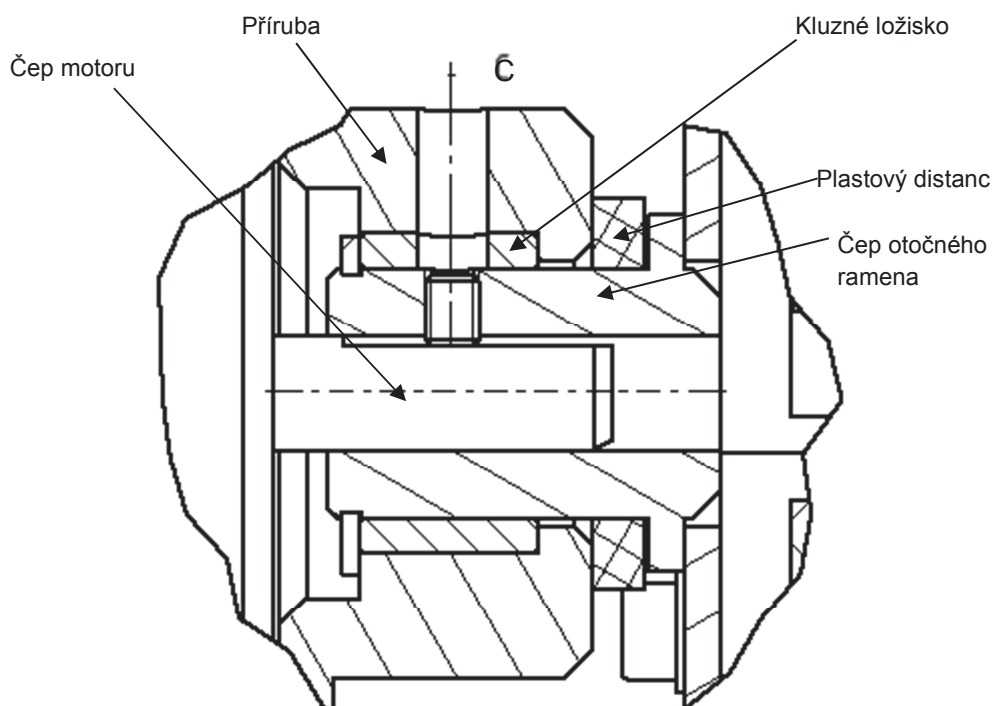


Obr. 62: Uložení otočného ramena

Rozměry kluzného ložiska jsou předběžně voleny podle rozměrů ostatních součástí a průměru čepu krokového motoru: vnitřní průměr 14 mm, vnější průměr 18 mm a šířka 10 mm. Materiál kluzného ložiska je volen bronz.



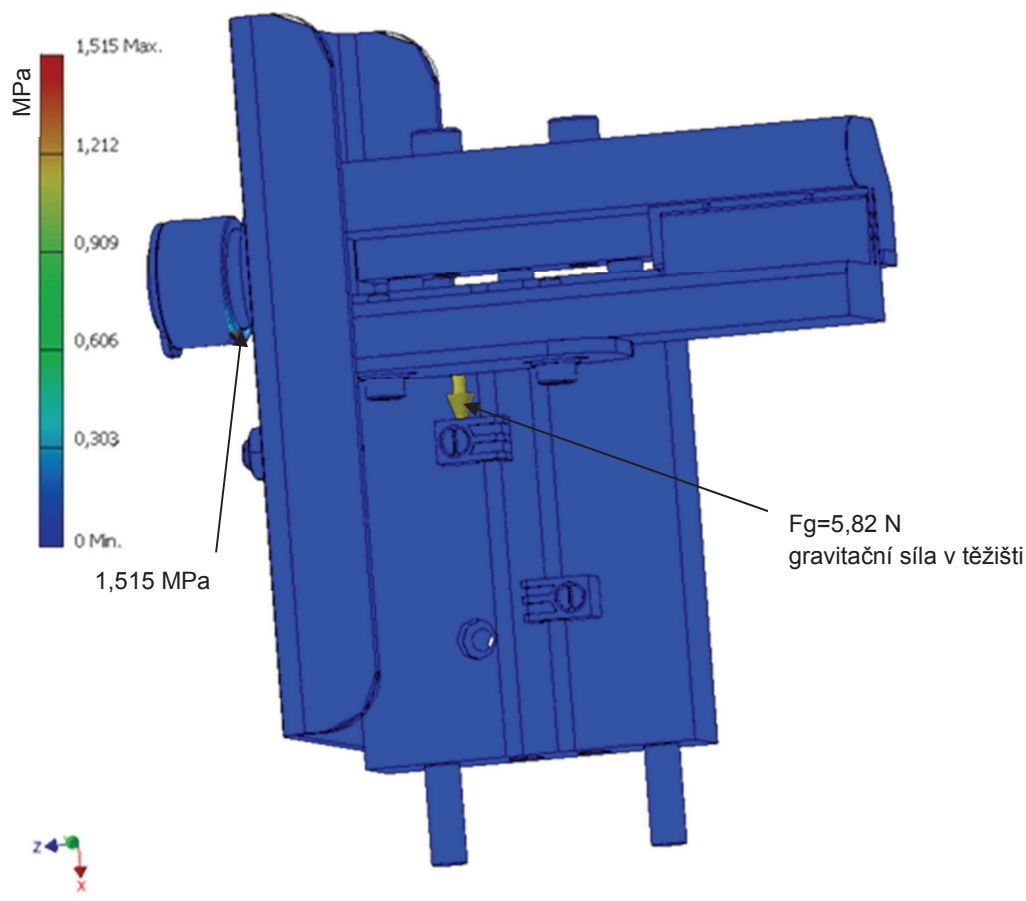
Obr. 63: Řez uložením otočného ramena



Obr. 64: Detail řezu uložením otočného ramena

6.1.1 Statické namáhání kluzného ložiska vlastní vahou otočného ramena

Kluzné ložisko je namáháno na tlak, který je vyvozen z reakční síly hmotnosti otočného ramena a všech součástí na rameni uchyceném (pneumatický válec, zachytávací klínky, plech držící spodní zachytávací klínek a šroubová spojení).

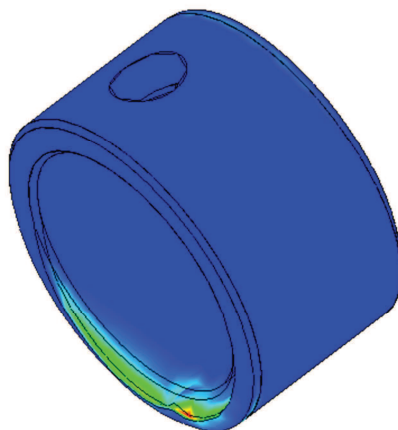


Obr. 65: Model MKP – rozložení napětí při statickém zatížení

Největší napětí vychází v místě sražené hrany na vnitřním průměru kluzného ložiska, čep uložen v ložisku je přes tuto hranu „vylamován“. V místě pevné vazby na vnějším průměru kluzného ložiska vychází reakce na zatížení v ose x $F_x = 5,802 \text{ N}$.

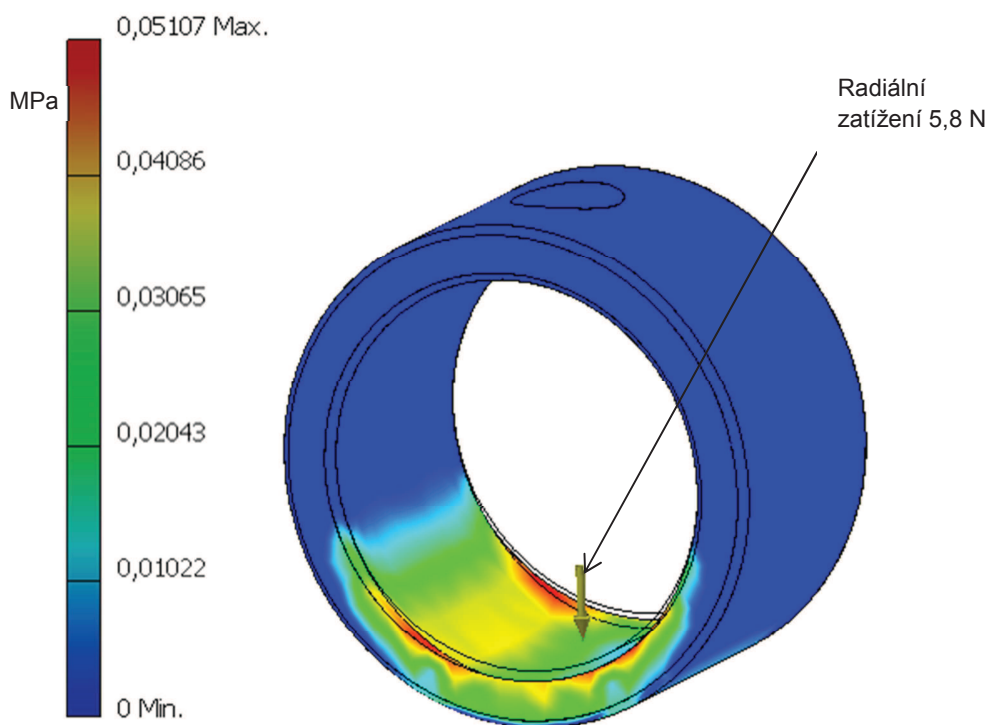
	Reakční síla	Reakční moment
Celkem	5,802 N	102,3 N mm
X	-5,802 N	-9,423 N mm
Y	0 N	101,8 N mm
Z	0 N	-0,6339 N mm

Obr. 66: Reakce v kluzném ložisku na statické zatížení



Obr. 67: Detail rozložení napětí na kluzném ložisku

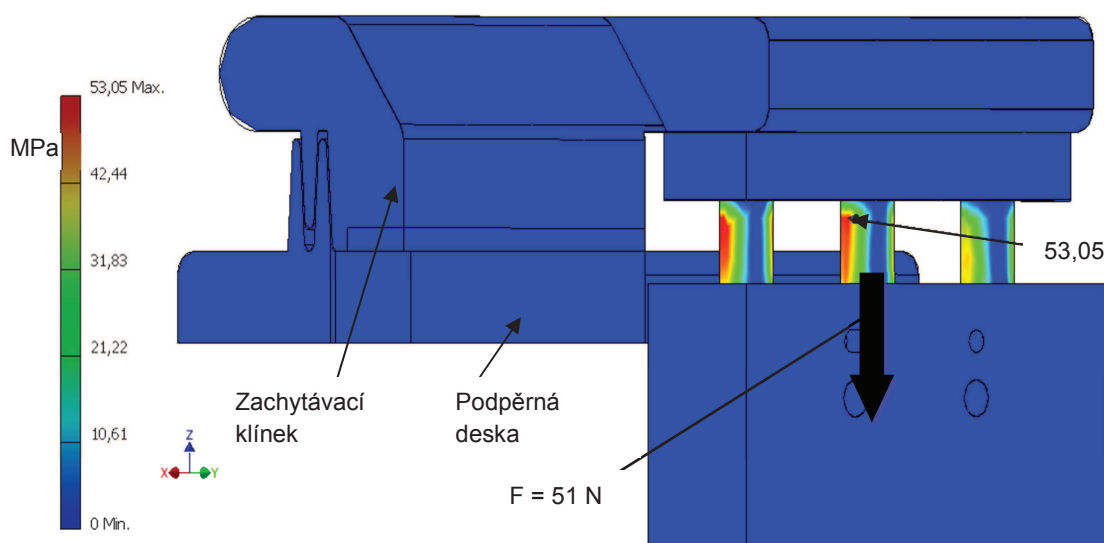
Kontrolní výpočet na radiální zatížení ložiska podle vzorce $P=F/(d \cdot l)$, kde F je zatěžující síla, d je vnitřní průměr a l je šířka ložiska. Vychází tlak 0,041 MPa, což odpovídá výpočtu pomocí MKP, kdy na ložisko necháme působit pouze radiální sílu (obr. 68).



Obr. 68: Kluzné ložisko zatížené pouze radiální silou

6.1.2 Kontrolní výpočet pro kolizi zachytávacího klínku a podpěrné desky

Při tomto výpočtu je simulován případ, kdy je pneumatický válec upevněn na otočném rameni tak, že při jeho zasouvání dojde ke kolizi zachytávacího klínku a podpěrné desky. Správně je pneumatický válec, který má zdvih 20 mm, přichycen na otočném rameni tak, že při jeho zasunutí dojde pouze k lehkému sevření začátku lepené filtrační vložky. Pneumatický válec vyvine při zasouvání sílu 51 N, tímto zatížením je při simulaci zatížena pístní tyč.



Obr. 69: Zatížení pneumatického válce při kolizi zachytávacích klínků

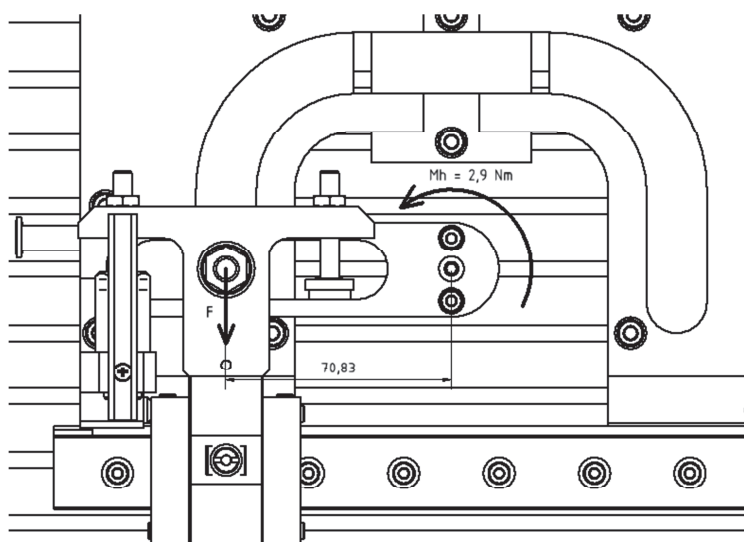
	Reakční síla	Reakční moment
Celkem	41,35 N	657,7 N mm
X	-40,5 N	383,1 N mm
Y	-8,36 N	-529,1 N mm
Z	0 N	-76,45 N mm

Obr. 70: Reakce v uložení pístní tyče

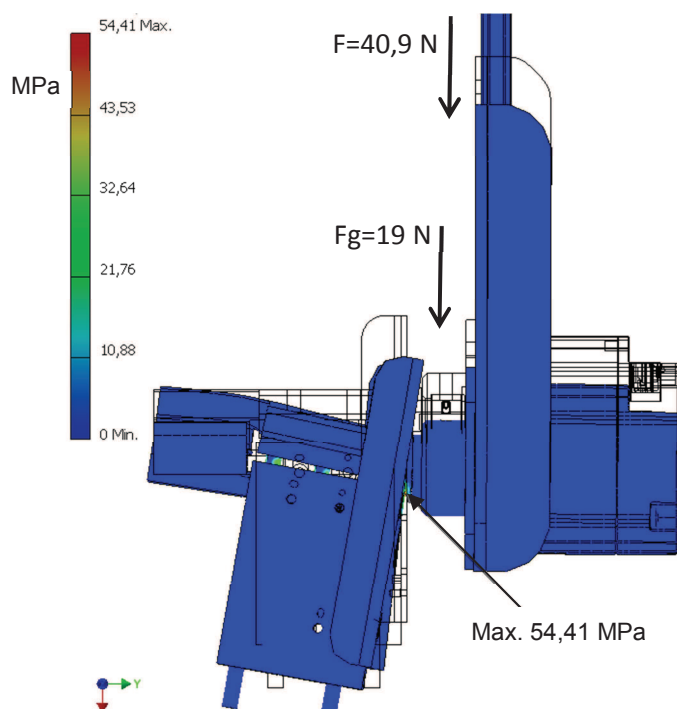
Podle katalogu výrobce je přípustné zatížení kolmo k ose pístní tyče 9,8 N. Z výsledných reakcí bylo zjištěno, že při kolizi podpěrného a zachytávacího klínku dojde k poškození pneumatického válce dříve, než by došlo k deformaci zachytávacího klínku.

6.1.3 Kontrolní výpočet na kolizi zachytávacího klínku a podpěrné desky při dojezdu manipulátoru

Manipulátor při svém dojezdu, kdy klínky svírají začátek lepeného pásku, musí dojet a zastavit se v požadované poloze tak, aby pružná domačkávací plocha lehce domáčkla konec filtrační vložky na připravený lepicí štítek. Tento výpočet je proveden tak, že manipulátor poháněn krokovým motorem s krouticím momentem 2,9 Nm je špatně nastaven a domačkávací plocha klínku narazí v plné síle na podpěrnou desku. Z krouticího momentu krokového motoru a ramene, na kterém síla působí, vychází jako maximální působící síla $F = 40,9 \text{ N}$ (obr. 71).

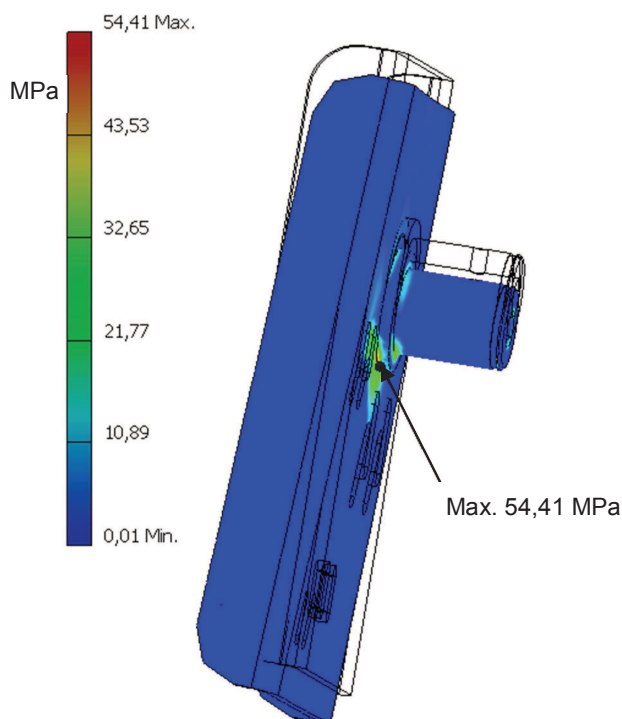


Obr. 71: Schéma zatížení



Obr. 72: Výpočet napětí pomocí MKP

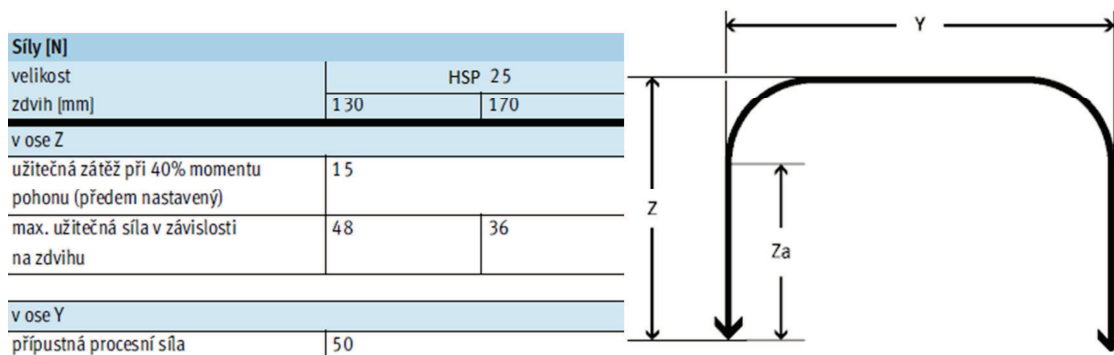
Největší napětí vychází na čepu otočného ramena (obr. 73).



Obr. 73: Detail rozložení napětí na otočném rameni

6.2 Kontrolní výpočet použitých pohonů

K manipulátoru „Pick and place“ HSP 25 je prodejcem standardně nabízen servopohon s integrovaným řízením. Ten není v katalogu prodejce samostatně popsán, je uveden pouze jako součást nabídky manipulátoru a je tedy bez bližší specifikace. Na obrázku 74 jsou uvedena doporučená zatížení manipulátoru HSP 25 v součinnosti k němu příslušným servopohonem.

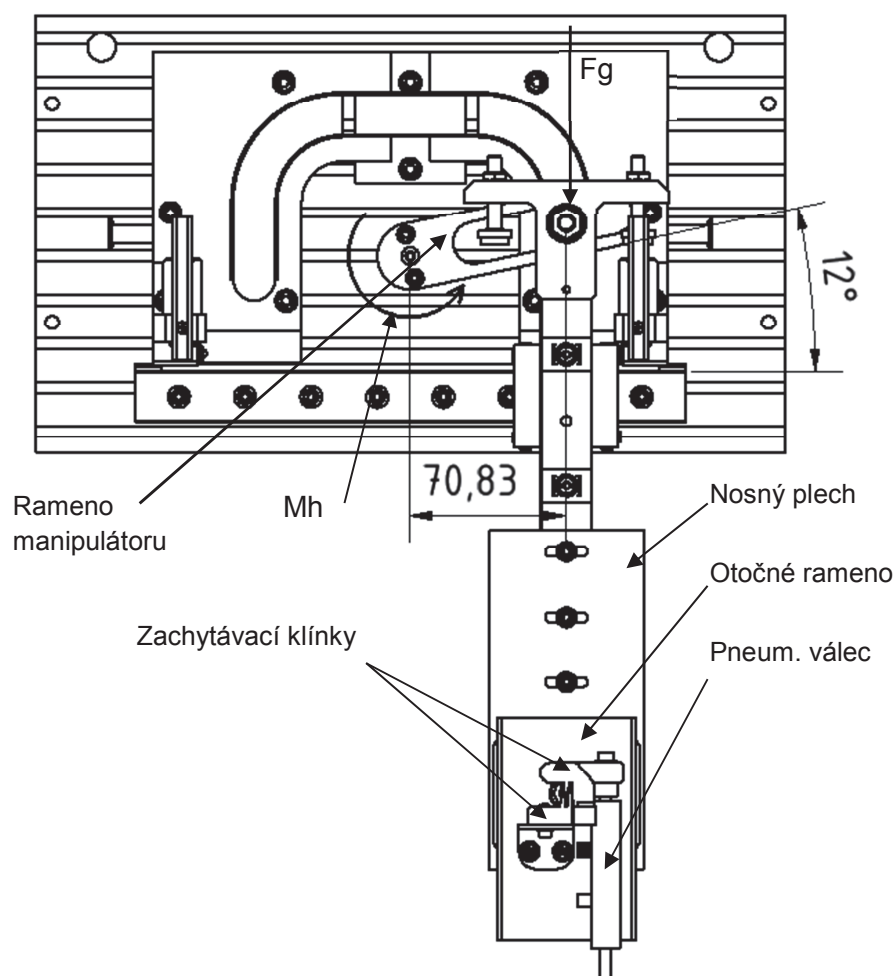


Obr. 74: Přípustné zatížení manipulátoru HSP 25 [1]

Nabízený servopohon byl z důvodu vysoké ceny zavržen a jako pohony manipulátoru a následně i otočného ramena byly použity krokové motory, díky kterým je možno stejně jako u servopohonů přesně řídit jednotlivé požadované pohyby zařízení v součinnosti s ostatními pneumatickými prvky stroje. Krokový motor pro manipulátor byl navržen na doporučení výrobce s krouticím momentem 2,9 Nm a pro otočné rameno s krouticím momentem 0,8 Nm.

6.2.1 Výpočet potřebného hnacího momentu krokového motoru pro manipulátor

Krokový motor pro pohon manipulátoru koná kyvný pohyb v rozmezí 12° až 168° , což odpovídá požadované trajektorii pohybu. Ve výchozí poloze je krokový motor při natočení ramena manipulátoru o 12° , jak je uvedeno na obrázku 75.



Obr. 75: Schéma momentového zatížení krokového motoru

Největší zátěžový moment je ve výchozí poloze manipulátoru (obr. 75), kdy je konec ramene manipulátoru zatížen silou $F_g = 19 \text{ N}$ na vzdálenosti $r = 70,83 \text{ mm}$. Tíhová síla je vyvolána hmotností nosného plechu, otočného ramena, pneumatického válce, krokového motoru, příruby a dalších dílů, které nese rameno manipulátoru. Podle nerovnice (1) byla provedena kontrola, zda vyhovuje zvolený krokový motor.

$$M_h > M_z \quad (1)$$

$$M_h > F_g \cdot r \quad (2)$$

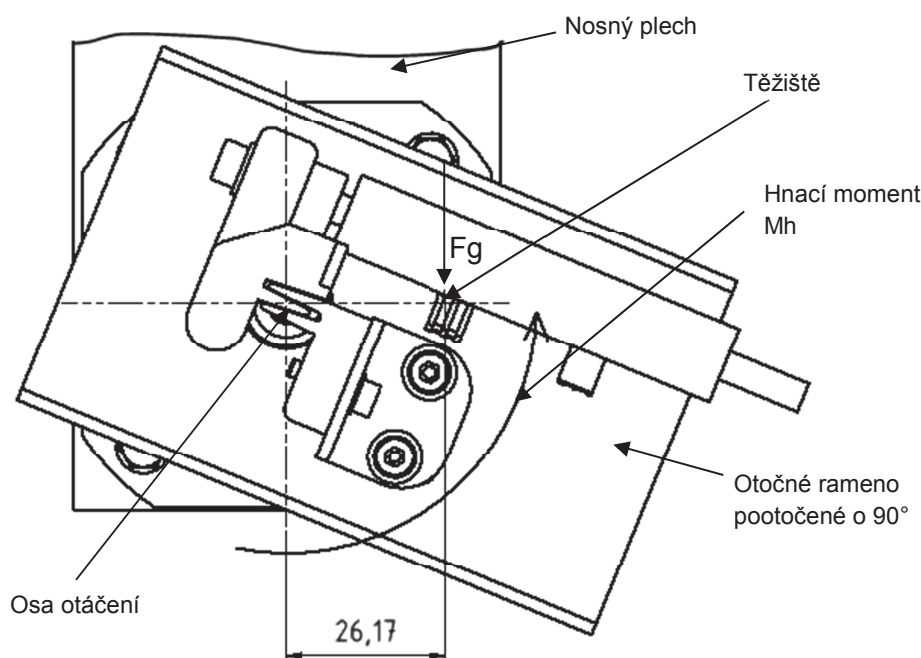
Po dosazení do nerovnice (2) dostaneme

$$M_h = 2,9 \text{ Nm} > 19 \cdot 0,07083 = 1,35 \text{ Nm}. \quad (3)$$

Z toho vyplývá, že zvolený krokový motor byl vybrán s dostatečnou rezervou i na pokrytí pasivních odporů. Určitá momentová rezerva je u krokových motorů vhodná, protože při přetížení krokového motoru dochází ke „ztrátě kroku“, což by způsobilo nepřesnosti v řízení.

6.2.2 Výpočet potřebného hnacího momentu na otočném rameni

Otočné rameno vykonává pomocí krokového motoru s krouticím momentem $M_h = 0,8 \text{ Nm}$ rotaci o 360° . Největší zátěžný moment působící proti momentu hnacímu je při natočení ramene o 68° z výchozí polohy (obr. 76).



Obr. 76: Schéma momentového zatížení krokového motoru

Zátěžový moment krokového motoru je ve výchozí poloze vyvolán silou působící v těžišti $F_g = 5,1 \text{ N}$ na rameni $r_0 = 9,9 \text{ mm}$. Největší zátěžný moment, který musí krokový motor překonat, je však při natočení otočného ramena o 68° , pak je rameno mezi osou otáčení a těžištěm $r_l = 26,17$ při stejné tíhové síle. Ta je vyvolána hmotností otočného ramena, pneumatického válce, zachytávacích klínek a dalších dílů, které nese uložení otočného ramena. Podle nerovnice (4) byla provedena kontrola, zda vyhovuje zvolený krokový motor.

$$M_h > M_z \quad (4)$$

$$M_h > F_g \cdot r_l \quad (5)$$

Po dosazení do nerovnice (5) dostaneme

$$M_h = 0,8 \text{ Nm} > 5,1 \cdot 0,0262 = 0,13 \text{ Nm}. \quad (6)$$

Z toho vyplývá, že navržený krokový motor pro otočné rameno byl vybrán s vyhovující rezervou i na pokrytí pasivních odporů v uložení. Momentová rezerva je u krokových motorů vhodná, protože při přetížení krokového motoru dochází ke „ztrátě kroku“, což by způsobilo nepřesnosti v řízení.

Závěr

Výsledkem diplomové práce je navržený funkční model pro výrobu filtračních vložek z textilního pásu. Podrobně jsou rozebrány dva možné návrhy, jak proces výroby filtračních vložek částečně automatizovat. Pro oba návrhy je využit standardně vyráběný mechanismus manipulátoru „Pick and place“, což je z hlediska výroby jednoúčelového stroje výhodné, protože se nejedná o složitou a nákladnou výrobu jednotlivých dílů, ale pouze o objednání celého mechanismu u dodavatele. Od něj je pak zaručena přesnost polohování a funkčnost dodaného manipulátoru. V případě poruchy je pak možné (po domluvě s dodavatelem) mechanismus snadno a v krátké době opravit nebo vyměnit.

Výběr vhodného způsobu ze dvou navržených je možný až na základě provedení zkoušek spojení konců filtrační vložky pomocí lepidla („klínek do klínku“) a lepením pomocí narylovaného lepicího štítku. Použitá technologie spojení konců filtrační vložky závisí na konzultaci s dodavatelem o vhodnosti použití vybraného lepidla a lepicího štítku. Dále je pak nutné provedení zkoušek u jednotlivých způsobů spojení na vyrobených vzorcích slepené filtrační vložky. Na základě vyhodnocení vhodnosti použití pro spojování konců kruhové filtrační vložky z textilního pásu se následně může provést rozhodnutí, jaký z navržených způsobů výroby je možný, což závisí na dílčích požadavcích, které je potřeba při výrobním postupu dodržet.

Případná výroba funkčního prototypu podle zvoleného návrhu je možná až po provedení provozních zkoušek, na jejichž základě se může přistoupit k montáži celého zařízení. Jednotlivé části zařízení pro navržený způsob dokáží pracovat s vyhovující přesností polohování, což umožňuje dostatečně spolehlivou manipulaci s polotovarem pro výrobu filtrační vložky. Celé zařízení je při montáži nutné seřadit a vhodně nastavit tak, aby při provozu byla zaručena požadovaná přesnost výroby filtračních vložek z textilního pásu.

Zdroje

- [1] FESTO [online]. *Manipulační modely HSP. Katalog výrobků*. 2006 [cit. 2013-05-8]. Dostupné z: http://www.festo.com/cat/cs_cz/products_HSP
- [2] CHARVÁT, Jaroslav. *Syntéza mechanismů*. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní, 1966.
- [3] CHARVÁT, Jaroslav. *Kinematika se základy teorie mechanismů*. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní, 1977.
- [4] LAIFROVÁ, Lenka. *Filtrace vzduchu v průmyslu*. Liberec, 2010. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci.
- [5] SVOBODA, David. *Návrh mechanismu pro výrobu textilních filtračních vložek z netkané textilie tvořené nanovláknny*. Liberec, 2012. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci.
- [6] How It's Made Oil Filters. *YouTube* [online]. 2009 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.youtube.com/watch?v=g4kxgF7fkQ>
- [7] Rozdělení a použití vzduchových filtrů. *Dýchám zdravě* [online]. [2010] [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.dycham-zdrave.cz/dycham-zdrave/rezdeni-a-pouziti-vzduchovych-filtru/>
- [8] Sprejové lepicí hlavy série MZ. Termolan [online]. [2012] [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.termolan.cz/prod/6bb55126-8f26-40f0-9d2b-93691e824808/21.aspx>
- [9] Úvodní stránka. *KD Filter* [online]. [2011] [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.filtr-filtry.cz/>
- [10] KOPAL, J. – ŘEHÁK, J. *Navíjení. Výkresová dokumentace*. Liberec, 2012. Technická univerzita v Liberci.



Přílohy:

Třídy filtrů a příklady použití:

Třída filtru Podle ČSN EN 779, 1822		Použití		účinnost [%]
		Všeobecně	Příklady použití	
Hrubý	G1	- účinné pro vláknitý prach	- první stupeň filtrace u vícestupňových zařízení	až 65
	G2	- poměrně účinné pro částice větší než 10 µm	- filtry pro klimatizaci a větrání v textilních provozech	65 - 80
		- systémy s nejnižšími požadavky na filtraci	- jednoduché okenní a podokenní klimatizátory	
	G3	- předfiltry pro vyšší koncentraci prachu	- ochrana výměníků, zvlhčovačů a ventilačních systémů	80 - 90
Jemný (doporučuje se použití předfiltrů (G1 – G4))	G4	- účinné proti pylu a zvířenému prachu	- ochrana výměníků, zvlhčovačů a ventilačních systémů	přes 90
			- vytápěcí a větrací systémy průmyslových podniků	
	F5	- filtrace v dopravních prostředcích	- filtrace garáží, obchodních domů	40 – 60
		- filtrace v průmyslu pro větrání provozů s vyššími nároky na čistotu (chemický, papírenský, výroba synt. hmot, méně náročné výroby přesné mechaniky a optiky)	- předfiltry pro klimatizační zařízení	
	F6	- účinné proti sazí, olejové mlze, tabákovému kouři a kouři z technologických procesů	- větrací a klimatizační systémy pro školy, shromažďovací místnosti, restaurace, sportovní haly, kancelářské budovy	60 - 80
		- částečně účinné proti výtrusům a bakteriím	- v průmyslu pro větrání provozů s vyššími nároky na čistotu (chemický, papírenský, výroba synt. hmot, méně náročné výroby přesné mechaniky a optiky)	
	F7	- účinné proti bakteriím, výtrusům	- větrací a klimatizační zařízení pro laboratoře, nemocniční pokoje, kancelářské budovy, divadla, kuchyně, obchody s potravinami	80 - 90
		- částečně účinné proti sazí, bakteriím	- průmysl pro telefonní ústředny,	



		olejové mlze, tabákovému kouři, kouři z technologických provozů	výrobu potravin, dílny přesné mechaniky a optiky, rozhlasová a televizní studia, přívod vzduchu do stříkacích boxů	
	F8	velmi účinné proti sazím, olejové mlze, tabákovému kouři, kouři z technologických procesů, bakteriím	operační sály, výzkumné zkušebny a laboratoře	90-95
	F9		provozy chemické a farmaceutické výroby	
			pomocné prostory sterilizačních pracovišť a operačních sálů	95
			2. stupeň filtrace pro vysokoúčinnou filtrace	
HEPA filtry (High Efficiency Particulate Air Filter)	H10	dobře účinné proti všem druhům prachů a aerosolů	metrologické laboratoře pro kalibraci	
			laboratoře pro optiku, elektroniku a biologii	85
			operační sály	
			dodávka vzduchu pro jaderné elektrárny	
	H11	velmi účinné pro všechny druhy prachů a aerosolů, včetně virů	shodné s H 10, ale vhodné pro náročnější aplikace	95
	H12	vysoce účinné pro všechny druhy prachů a aerosolů, včetně virů	základní filtr pro všechny čisté prostory třídy 100 – 100 000 (dle FED-STD-209e) a s tím související aplikace v různých oblastech průmyslu, zdravotnictví a výroby léků	99,5
	H13		odsávací systémy pracující s nebezpečnými aerosoly (jaderná energetika, zdravotnictví, biologické prostory)	99,95
	H14	vysoce účinné pro všechny druhy prachů a aerosolů, včetně virů	filtrace čistých prostorů tříd 10 a lepších	99,995
ULPA filtry (Ultra Low Penetrating Air Filter)	U15		dodávka vzduchu pro biotechnologie	99,9995
	U16			99,99995
	U17			99,999995

Kyanoakrylátová lepidla Cyberbond



Výrobek		Vzhled	Viskozita		Doba tuhnutí			Pevnost ve síťku		Teplota	ISO 10993	Komentář	Výrobce
Použití			mPa*s		Kov	Prýž	Plast	Dřevo	Ocel	rozsah v ° C	Lékařský souhlas		
Elyster Power-drop®	2004	bezbarvý	7 - 11		30 - 50	3 - 6	2 - 4	> 50	12 - 22	- 55 / + 95	10993-5	Pedivě stabilizován, rychle lepící kyanokrylátový pro použití u koničků a "udělej si sám"	2004
	2605	bezbarvý	45 - 65		10 - 25	1 - 2	1 - 3	> 35	11 - 20	- 55 / + 95			2605
	2003	bezbarvý	55 - 85		45 - 70	6 - 10	5 - 7	> 70	12 - 22	- 55 / + 95	10993-5		2003
Elastomer a plast	2800	bezbarvý	3 - 7		18 - 28	1 - 3	2 - 4	> 60	11 - 20	- 55 / + 95	10993-5; -10; -11	Velmi rychlá lepidla pro lepení pryže na pryž s extrémně dobrými vlastnostmi tuhnutí. Spolehlivé pro použití na plasty a nejlepší volba pro kombinace plastu a pryže.	2800
	2008	bezbarvý	12 - 18		18 - 28	1 - 3	2 - 4	> 60	11 - 20	- 55 / + 95	10993-5; -10; -11		2008
	2006	bezbarvý	15 - 30		20 - 35	1 - 3	3 - 5	> 60	11 - 20	- 55 / + 95			2006
	2011	bezbarvý	80 - 120		20 - 35	2 - 4	2 - 4	> 60	12 - 22	- 55 / + 95	10993-5; -10; -11		2011
	2028	bezbarvý	160 - 240		20 - 35	2 - 4	2 - 4	> 60	12 - 22	- 55 / + 95	10993-5; -10; -11		2028
	2077	bezbarvý	800 - 1.200		25 - 45	3 - 5	5 - 7	> 60	12 - 22	- 55 / + 95	10993-5; -10; -11		2077
	1603	bezbarvý	1.500 - 2.000		25 - 45	4 - 6	6 - 8	> 60	12 - 22	- 55 / + 95	10993-5; -10; -11		1603
Technologie neomeru	2600	bezbarvý	3 - 7		10 - 25	1 - 3	1 - 3	> 45	11 - 20	- 55 / + 80		Neomerové kyanokrylátové představují tak zvané třídy nečitlivé vůči povrchu. Velmi dobré výsledky na kyselé povrchy jako je dřev, kůže, kartón, atd. Vysoké viskozity jsou také velmi vhodné pro porézní materiály jako keramika, porcelán, atd.	2600
	2610	bezbarvý	90 - 140		13 - 25	1 - 3	1 - 3	> 40	12 - 22	- 55 / + 80			2610
	2150	bezbarvý	2.100 - 3.300		30 - 50	6 - 10	6 - 9	> 60	12 - 22	- 55 / + 95			2150
	2999	bezbarvý	8.000 - 15.000 tix		50 - 90	10 - 14	13 - 19	> 80	8 - 17	- 55 / + 95			2999
Křátek (tvrdná pryž)	2244	neprůhledný	130 - 180		40 - 65	3 - 6	5 - 9	> 60	12 - 22	- 55 / + 120		Kyanokrylátový pro částečné flexibilitu popřípadě tvrdnou pryž, pro dynamicky a tepelně zatěžované spoje. Tyto třídy křátek také zaručují jistou odolnost vůči nárazům. Velmi dobré výsledky pro kombinace kov na plast a kov na pryž. Také třídy křátek jsou	2244
	2243	černý	240 - 360		40 - 65	4 - 8	5 - 9	> 60	12 - 22	- 55 / + 130	10993-5		2243
	2245	neprůhledný	400 - 600		35 - 70	3 - 6	5 - 9	> 80	14 - 25	- 55 / + 120			2245
	2241	černý	1.900 - 2.900		50 - 80	9 - 12	7 - 13	> 40	16 - 28	- 55 / + 140	10993-5		2241
	2240	neprůhledný	2.000 - 3.000		45 - 70	7 - 11	7 - 13	> 40	16 - 28	- 55 / + 140			2240
Kov upravený	1008	bezbarvý	9 - 15		20 - 35	3 - 6	4 - 6	-	10 - 22	- 55 / + 95		Lepidlo pro kov na kov, kov na pryž a kov na plast.	1008
	1070	bezbarvý	70 - 110		20 - 35	3 - 6	4 - 6	-	14 - 24	- 55 / + 95			1070
	1699	bezbarvý	1.800 - 2.200		20 - 35	3 - 6	4 - 6	-	14 - 24	- 55 / + 95			1699
Málo zapáchající	5005	bezbarvý	3 - 7		10 - 25	4 - 7	9 - 12	> 60	8 - 18	- 30 / + 70	10993-5	Vlastnosti mají zápach, malé vykvétání, malé odplyňování. S ohledem na jeho chemii má bohužel menší pevnost než např. etylestery.	5005
	5008	bezbarvý	45 - 80		35 - 70	4 - 7	14 - 17	> 60	8 - 18	- 30 / + 70			5008
	5100	bezbarvý	800 - 1.200		45 - 70	13 - 20	19 - 22	> 70	8 - 18	- 30 / + 70			5100
Lékařský butylester	7000	bezbarvý	3 - 7		-	5 - 7	14 - 17	-	6 - 15	- 30 / + 70		Velmi čisté butylestery pro chirurgii. Také dobré vlastnosti plastů cítilých na trhliny vzniklé prnutím.	7000
modře liténé třídy jsou považovány za nejlepší standardy mimo jejich rozsah; Viskozita měřena metodou kužele/diska při 20° C; s ohledem na newtonské tekutiny měřené s kuželem o průměru 75 mm při 30 ot/min; pokud jde o izotropní tekutiny (tx) měřeno s kuželem o průměru 50 mm při 5 ot/min. Doba tuhnutí v sekundách u oceli, EPDM (etylen propylen diene monomeru) , ABS, buku Pevnost ve síťku u oceli měřena v N/mm ² , u jiných materiálů - jako EPDM, ABS, buk - normálně dosáhnete přetřetí podkladu.													